

青 藏 高 原 研 究

QING ZANG GAO YUAN YAN JIU

横 断 山 考 察 专 集

HENG DUANSHAN KAOCHA ZHUAN JI

(一)

中国科学院青藏高原综合科学考察队



云南人民出版社

中国科学院植物研究所植物志		
内部号	登记号	18505
	分类号	58.0

58.18
144

青 藏 高 原 研 究

横断山考察专集 (一)

中 国 科 学 院

青藏高原综合科学考察队



贈 閱

云 南 人 民 出 版 社



024706

中科院植物所图书馆



S0015472

责任编辑:侯德勋

封面设计:徐荣灿

封面摄影:李文华 郭长福 孙志江 孙继学 张金明

青藏高原研究
横断山考察专集(一)

云南人民出版社出版发行

(昆明市书林街100号)

云南新华印刷二厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 25.25 插页: 20 字数: 578,000

1983年12月第一版 1983年12月第一次印刷

印数: 1—3,800

统一书号: 13116·84 定价: 7.60元

《青藏高原研究》顾问

王云章	张文佑	刘东生	李星学
吴征镒	吴传钧	杨敬之	郑作新
郑丕留	胡淑琴	陶诗言	秦仁昌
徐 仁	涂光炽	席承藩	高由禧
贾慎修	施雅风	黄秉维	

《青藏高原研究》编辑委员会

主 编：孙鸿烈

副主编：李文华 程 鸿

委员（以姓氏笔划为序）：

孔昭宸	孙广友	张荣祖	张遵信
张玉泉	佟 伟	苏 珍	李吉均
李致祥	宗冠福	林永烈	赵尔宓
武素功	高以信	高登义	高礼存
唐邦兴	郭长福	曹文宣	温景春
潘裕生	魏江春		

同治元年 陽曆一千八百六十二年
正月 朔 丁未 歲次 壬午
二月 朔 戊申 歲次 癸卯
三月 朔 己酉 歲次 甲辰
四月 朔 庚戌 歲次 乙巳
五月 朔 辛亥 歲次 丙午
六月 朔 壬子 歲次 丁未
七月 朔 癸丑 歲次 戊申
八月 朔 甲寅 歲次 己酉
九月 朔 乙卯 歲次 庚戌
十月 朔 丙辰 歲次 辛亥
十一月 朔 丁巳 歲次 壬子
十二月 朔 戊午 歲次 癸丑

前 言

辽阔的青藏高原，包括西藏全部、青海南部，以及四川西部和云南西北部。大部分地区海拔在4000米以上，四面以巨大的落差急剧下降，衬托出世界屋脊的磅礴气势，素有世界第三极之称。由于青藏高原独特的地质历史和自然条件，丰富的生物组成和生物群落类型，成为地球上一个独具特色的地理单元。青藏高原蕴藏着丰富的自然资源，又是许多少数民族生活和居住的地区，且地处边陲，合理保护和开发这一地区的自然资源，对发展经济，改善人民生活，以及巩固民族团结和加强国防建设都有重要的意义。

为了探索青藏高原形成和演变的历史，研究自然条件的特点及其对周围环境的影响，研究自然资源的数量和质量及其合理开发利用的途经。解放以后，中国科学院对这里进行了多次科学考察，特别是自1973年起组织了青藏高原综合科学考察队，对这一地区进行了更为全面、系统的综合性研究。

1973—1980年期间，考察队重点对西藏自治区进行了考察。其科学成果将集中反映在陆续出版的《青藏高原科学考察丛书》及论文集和画册中。有些成果在实际生产中已得到推广和应用，在国际和国内产生了较为深远的影响。

考察队从1981年起将考察研究的重点转移到横断山区。横断山地处我国西南的藏东、川西和滇西北一带，是青藏高原的一个组成部分。在行政区域上包括西藏自治区的昌都地区，四川省阿坝、甘孜、凉山及云南省丽江、迪庆、怒江和大理等地（州）区，总面积约50万平方公里。

横断山脉在地质构造上处于南亚大陆与欧亚大陆镶嵌交接带的东翼，是我国东部环太平洋带与西部古地中海带间的过渡地带。地质构造复杂，新构造运动活跃。本区地势由西北向东南倾斜，大部为高山峡谷，山脉、河流南北纵贯，相间并列，高差很大，自然地理条件独具一格，生物区系绚丽多采，且富含古老和孑遗类型，是研究生物和地学中许多重大理论问题的关键性地区。

横断山脉自然资源丰富，尤以多种矿产、水利、森林、草场等资源最为丰富。但是随着人口的增长和开发利用的加剧，自然资源承受的人类压力日益加大，有些地区生态平衡遭到了破坏。为了合理利用自然资源，必须研究本区的自然资源特点，探索其合理保护利用与开发的方向和途径。

横断山区科学考察工作主要围绕七个课题进行：①横断山脉形成的原因和地质历史；②横断山区自然地理特征及其与高原隆起的关系；③横断山区自然垂直地带的结构及其规律；④横断山区生物区系的组成；⑤横断山区自然保护与自然保护区；⑥横断山区农业自然资源的评价及其合理开发利用；⑦横断山区动能与矿产资源的开发技术经济评价及工业交通布局。

考察研究工作的范围大体为：1981年重点考察滇西北及川西地区南部，1982年重点考

察川西地区的中、南部，1983年重点考察川西地区的中、北部。

考察工作由中国科学院自然资源综合考察委员会负责组织领导，参加考察的单位包括中国科学院生物、地学方面有关的研究所、高等院校和地方生产部门等30余个单位，共250人左右，涉及的专业达40余个分枝学科。为了使科学考察研究成果能尽快地在学术界交流并及时提供有关计划、生产部门参考，我们编辑出版《青藏高原研究》年刊。本刊除刊登我队科学考察的成果外，也欢迎其它单位同行积极投稿，同时还准备报导国外对一些山地研究，特别是喜马拉雅地区科学研究的动态。

《青藏高原研究》是一株刚刚诞生的幼苗，需要有关科研、教学和生产部门的工作者关心、爱护和支持。使之能在探索青藏高原的奥秘，建设社会主义的事业中发挥积极的作用。

中国科学院青藏高原综合科学考察队

目 录

地 质 古 生 物

1. 滇西白茫雪山一带含放射虫深海沉积岩……………王连城、王二七 (1)
2. 墨江—哀牢山地区晚三叠世一碗水组红色碎屑岩系的沉积特征及安定—金厂一带超基性岩侵位时代的讨论……………王二七、王连城 (9)
3. 横断山脉南段临沧岩体的初步研究……………谢应雯、张玉泉、胡国相 (15)
4. 横断山脉南段花岗岩类重结晶作用初步研究……………张玉泉、谢应雯、胡国相 (22)
5. 横断山脉南段花岗岩类钾—氩年龄……………张玉泉、戴撞谟、谢应雯、胡国相 (29)
6. 滇西宝塔期头足类动物群特征兼论“蒲缥层”……………陈挺恩 (36)
7. 云南西部奥陶系与志留系的分界
……………倪寓南、陈挺恩、周志毅、林焕令、耿良玉、穆道成 (43)
8. 滇西北三叠纪生物地层研究新见……………陈金华、何国雄、潘华璋、曹美珍 (48)
9. 云南宁蒗地区晚三叠世植物群……………段淑英、陈 晔、陈明洪 (55)
10. 滇西海相侏罗系再研究
……………孙东立、陈丕基、陈金华、曹美珍、潘华璋、何国雄 (66)
11. 横断山南部—云南临沧地区新生代植物群……………陶君容、陈明洪 (74)
12. 洱海表层沉积物中的介形类及其对研究陆相生油环境的意义
……………黄宝仁、杨留法、李景贵 (90)

自 然 地 理

13. 横断山区综合自然区划……………杨勤业 (96)
14. 青藏高原东缘中段地区自然垂直带的初步研究……………钟祥浩、郑远昌 (106)
15. 贡嘎山地区地貌类型及制图……………刘淑珍 (114)
16. 卧龙地区地质地貌特征……………李钟武、刘淑珍、陈继良 (124)
17. 稻城古冰帽的基本特征……………姚檀栋、冯兆东、李吉均 (132)
18. 贡嘎山冰川考察……………李吉均、宋明琨、
秦大河、周尚哲、冯兆东、姚檀栋、王彦龙、李树德、邵文章、姚河清 (140)
19. 川西滇北藏东南地区雪害分布及其特征……………王彦龙、邵文章 (154)
20. 贡嘎山地区高山多年冻土分布及其与环境因素的关系……………李树德、姚河清 (166)
21. 浅谈中甸地区的植被区域界线问题……………刘伦辉、余有德 (176)
22. 云南横断山区森林植被分布与水热因子相关的定量化研究
……………李文华、冷允法、胡 涌 (185)
23. 云南小中甸地区树木年轮所表征的气候变化……………吴祥定、林振耀 (206)
24. 泸沽湖水文特征的初步分析……………季 江、范云崎 (214)

25. 泸沽湖水化学特征.....潘红玺、胡洪云、胡文英 (226)
26. 卧龙地区水化学特征.....郑远昌、何毓成 (237)
27. 玉龙雪山辐射观测总结.....文传甲、高生淮 (249)

动植物区系的发生与演化

28. 玉龙山兰科植物的地理分布和区系组成.....郎楷永 (264)
29. 横断山脉东亚光萼苔科植物的分布中心.....罗健馨、汪楣芝 (270)
30. 横断山高等真菌的分布规律.....臧 穆 (280)
31. 中国噪鹛属可能起源于横断山脉的探讨.....郑作新 (288)
32. 横断山区鸟类区划地位及其演变.....郑宝贵、杨 岚 (290)
33. 横断山区两栖爬行动物研究.....赵尔宓、江耀明 (293)
34. 横断山中段地区轮虫种类组成和分布特征.....伍焯田 (299)

自然资源的利用与保护

35. 滇西水热型地热资源基本情况.....佟 伟、张知非、廖志杰、
朱梅湘、过帼颖、沈敏子、刘时彬、张保山、赵凤山、章铭陶、周长进 (312)
36. 滇西北怒江流域农业生产特征与分区.....张尚志、熊利亚 (320)
37. 云岭中部农业类型垂直变化的初步研究.....朱国金 (334)
38. 云南省丽江县土地类型及其农业利用评价.....李明森 (345)
39. 丽江县坝区马的发展与最优畜种结构的研究
.....黄文秀、王吉秋、冷允法、郭爱朴、李正合 (358)
40. 牦牛、黄牛及其杂交后代犏牛的染色体比较研究
.....郭爱朴、黄文秀、王吉秋、李正合 (365)
41. 滇西北湖泊渔业资源利用现状及其增殖途径的初步调查.....高礼存、庄大栋 (373)
42. 横断山滇西北地区沼泽成因、分布及主要类型的初步探讨.....孙广友 (381)

CONTENTS

1. The Radiolarian-bearing Sedimentary Rocks of Abyssal Facies in
Baimang Mountains of Western Yunnan
.....Wang Liancheng and Wang Erqi (8)
2. Sedimentary Features of Red Detrital Rocks of Late Triassic Yiwanshui
Formation in the Mojiang-Ailaoshan Region and the Emplacement Age
of the Ultrabasic Rocks in the Anding-Jinchang Belt
.....Wang Erqi and Wang Liancheng (14)
3. A Preliminary Study on the Lincang Rock in the Southern Transverse
Mountains, Yunnan Province, China
.....Xie Yingwen, Zhang Yuquan and Hu Guoxiang (20)
4. A Preliminary Study on Recrystallization of Granitoids in Southern
Hengduan Mountains...Zhang Yuquan, Xie Yingwen and Hu Guoxiang (28)
5. K-Ar Dating of Granitoids in Southern Hengduan Mountains, China
.....Zhang Yuquan, Dai Tongmo, Xie Yingwen and Hu Guoxiang (34)
6. Middle Ordovician, Pagoda Period Cephalopod Provincialism in Western
Yunan with Comments on the "Pupiao Bed".....Chen Tingen (42)
7. Boundary of Ordovician and Silurian in Western Yunnan
..... Ni Yunan, Chen
Tingen, Zhou Zhiyi, Lin Huanling, Geng Liangyu and Mu Daochen (46)
8. New Observation on the Triassic Biostratigraphy of Northwest Yunnan
.....Chen Jinhua, He Guoxiong, Pan Huazhang and Cao Meizheng (54)
9. Late Triassic Flora of Ninglang District, Yunnan
.....Duan Shuying, Chen Ye and Chen Minghong (64)
10. Restudy on the Marine Jurassic of western Yunnan
.....Sun Dongli, Chen Piji, Cao Meizhen, Pan Huazhang (73)
11. Neogene Flora of South Part of the Watershed of Salween-Mekong-
Yangtze Rivers (the Linczan Region) Yunnan
.....Tao Janrong and Chen Minghong (88)
12. Ostracodes in the Surface Deposits of Erhai Lake and their Signi-
ficance in the Study of Oil Formational Environment of Continental
Faces.....Huang Baoren, Yang Liufa and Li Jinggui (94)
13. Complex Natural Regionalization of the Hengduan Mountain
RegionYang Qinye (104)
14. A Preliminary Study on the Natural Vertical Zonation in the
Middle Part of the Eastern Periphery of Qinghai-Xizang Plateau
..... Zhong Xianghao and Zheng Yuanchang (113)

15. Classification of Geomorphological Types and Geomorphological
Map of Gongga Mountainous Region.....Liu Shuzhen (122)
16. Characteristics of Geologic and Geomorphologic Background in
Wolong Region.....Li Zhongwu, Liu Shuzheng and Chen Jiliang (130)
17. The Basic Features of Dao-Cheng Ancient Ice Cap
..... Yao Tandong, Feng Zhaodong and Li Jijun (139)
18. Investigation of Glaciers on the Gongga Shan.....Li Jijun, Song
Mingkun Qin Dahe, Chou Shangze, Feng Zhaodong and Yao Tandong (152)
19. Distribution and Features of Snow Disaster in West Sichuan, North
Yunnan and Southeast Xizang.....Wang Yanlong and Shao Wenzhang (165)
20. Alpine Permafrost in Gongga Shan: Distribution and Relationship
with Environment FactorsLi Shude Yao heqing (174)
21. The Boundary Problem of the Vegetation Region in Zhongdian
District.....Liu Lunhui and Yu Youde (184)
22. The Distribution of Forest Vegetation in Hengduan Mountain in
Relation to the Hydro-thermal Conditions
..... Li Wenhua, Len Yunfa and Hu Yueng (204)
23. The Climatic Change and Tree-Ring Analysis in the Hsiao Zhongdian
Area of the Yunnan Province.....Wu Xiangding and Lin Zhenyao (213)
24. Preliminary Analysis on the Hydrologic Characteristics of Lake
Lugu..... Ji Jiang and Fan Yunqi (224)
25. Chemical Characteristics of Lake Lugu
..... Pan Hongxi, Hu Hongyun and Hu Wenying (235)
26. Hydrochemical Characteristics in Wolong Region
.....Zheng Yunchang and He Yucheng (248)
27. Summary of Radiative Observation on Yulong Mountain
.....Wen Chuangjia and Gao Shenghuai (262)
28. The Geographical Distribution and Floristic Composition of the Orchid
Flora in Yulong Shan, Lijiang, in North-Western Yunnan
..... Lang Kaiyong (268)
29. The Mountain Hengduan, the Distributioned Centre for East-Asiatic
Porellaceae (Hepaticae) Lou Jianxin and Wang Meizhi (279)
30. A Preliminary Report on the Distribution Pattern of Higher Fungi in
Hengduan Mountains Zang Mu (286)
31. On the Meridional Himalayas as the Probable Place of Origin of the
Genus Garrulax in China.....Zhen Zuoxin (289)
32. On the Zoogeographical Position and Transformation of Auifauna of
Meridianal Himalayas

1. Avifauna of South Sha-lu-li Mountain and Their Vertical
Distribution Zheng Baolai and Yang Lan (291)
33. Studies on Amphibians and Reptiles of Hengduan Shan Region,
Southwestern China
 1. Classification and Distribution of Genus *Batrachuperus* (Caudata,
Hynobiidae) Zhao Ermi and Jiang Yaoming (298)
34. The Distribution Character of Rotifer in the Middle Part of the
Heng-Duna Mountains Wu Chaotian (311)
35. An Outline of the Hydrothermal Resource in the Western Yunnan
Province Tong Wei, Zhang Mingtao et al. (319)
36. The Characteristics and Regionalization of Agricultural Production
in the Nu River Valley of Northwestern Yunnan Province
..... Sun Shangzhi, and Xiong Liya (332)
37. A Preliminary Study on the Vertical Change of Agricultural Types
in the Central Part of the Yunling Mountain Zhu Guojin (344)
38. Types and Assessment of Land in Lijiang County of Yunnan Province
..... Li Mingsen (356)
39. On the Development of Horse and Optimum Animal Species Structure
in Lijiang Huang Wenxiu et al. (364)
40. A Comparative Chromosome Study of Ox (*Bos taurus*), Yak (*Bos
grunniens*) and Their Hybrid
..... Guo Aipu, Huang Wenxiu, Wang Jiqu and Li Zhenghe (372)
41. Preliminary Investigation on the Utilization of Fishery Resources
and the Way of Proliferation of Lakes in the Northwest of
Yunnan Province Gao Licun and Zhuang Dadong (379)
42. A preliminary Discussion on Types, Formations and Distribution
Patterns of Bog in the Northwest Area of Hengduan Mountain
..... Sun Guangyou (391)

地质古生物

1. 滇西白茫雪山一带含放射虫深海沉积岩

王连城 王二七

(中国科学院地质研究所)

与超镁铁质岩、枕状玄武岩、块状玄武岩及辉长岩紧密伴生的放射虫硅质岩等深海沉积岩,在环太平洋带及阿尔卑斯—喜马拉雅山地带有着广泛的分布(1),在空间上往往和板块缝合线有关。在我国西藏地区的雅鲁藏布江和班公错—怒江构造带的某些地段,放射虫硅质岩十分发育。紧密伴生的超镁铁质岩、辉长岩、枕状和块状玄武岩以及放射虫硅质岩的组合,被称为“Steinmann三位一体”的蛇绿岩,它们是残余洋壳及上复深海沉积物在地表的出露。因而,深入研究有关的放射虫硅质岩等深海沉积岩,对了解当时的地质环境,探讨沉积盆地的演化历史有重要意义。

横断山地区以其复杂的地质构造和丰富的矿产资源等,长期以来为地质工作者所关注。近年来,有些学者开始用板块构造的观点研究这一地区的地质问题,但关于滇西地区的放射虫硅质岩和其它含放射虫的深海沉积岩,迄今尚无资料报道。在1981年的野外考察过程中,在滇西白茫雪山一带及奔子栏的西侧共三处,发现出露有与蛇绿岩伴生的放射虫硅质岩、含放射虫的凝灰岩及灰黑色凝灰质板岩等深海沉积岩。本文对这些沉积岩作了初步研究,并根据其物质组成、结构构造及成岩变化等特点,讨论了它们形成的环境及地质意义。

一、剖面概述

在德钦县城南东约20公里的白茫雪山垭口至奔子栏之间,多处出露有超基性岩,基性熔岩及凝灰质岩,并有三处见到放射虫硅质岩或含放射虫的凝灰岩及灰黑色凝灰质板岩层。

(一) 白茫雪山垭口北东侧剖面

在白茫雪山垭口附近及其南西侧,大片地出露黑云母花岗岩体,其绝对年龄为220百万年(2),北东侧与之接触的是呈北西—南东向延伸的超基性岩体,为透镜状断续出露,出露宽度由数十米至数百米不等。超基性岩体边部见有小的辉长岩体。垭口向山坡北东方向,分布有厚度很大的火山喷发岩及沉积岩层,自下而上可分为下、中、上三个岩性段(见图1—1)。

下段以杂色熔结凝灰岩、灰绿色细粒凝灰岩及灰黑色凝灰质板岩为主,夹少量基性

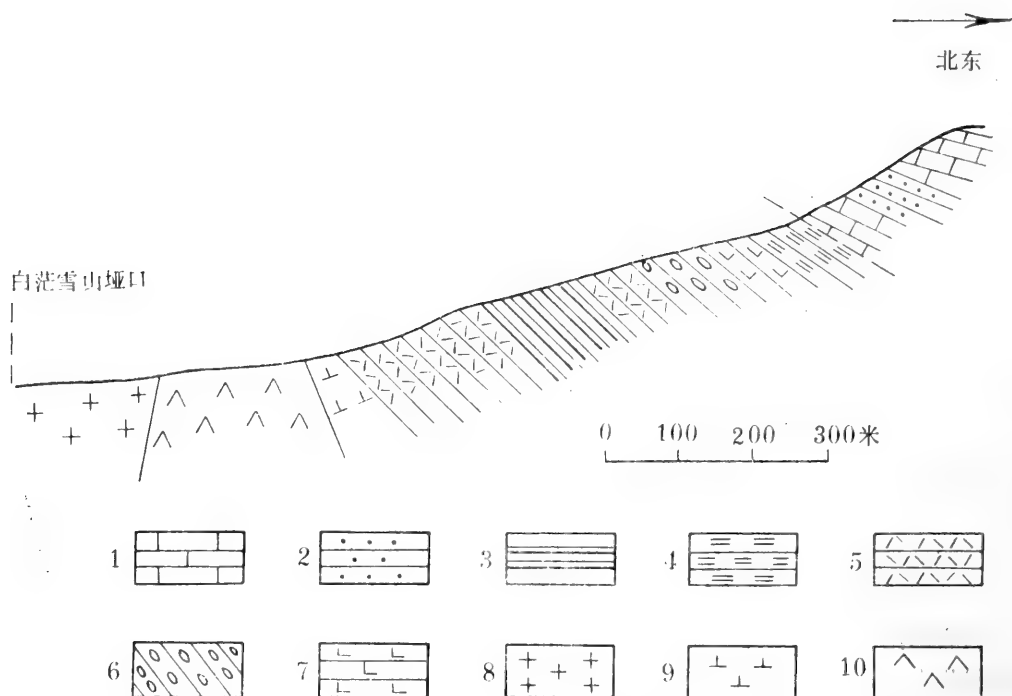


图1—1 白茫雪山垭口北东坡信手剖面

1. 石灰岩 2. 钙质砂岩 3. 凝灰质板岩 4. 放射虫硅质岩 5. 凝灰岩 6. 枕状玄武岩 7. 块状玄武岩
8. 黑云母花岗岩 9. 辉长岩 10. 超基性岩

火山岩层。熔结凝灰岩由大小不等的红褐色及灰绿色基性火山岩及凝灰岩碎块熔结而成。灰黑色凝灰质板岩中含放射虫残体，板理清楚，而凝灰岩的层理不甚发育，岩层倾向东，倾角 $20-50^{\circ}$ 不等。本段厚度大于400米。中段为暗绿色枕状玄武岩，块状玄武岩及紫红色，灰绿色放射虫硅质岩。玄武岩具杏仁状构造，杏仁体为白色结晶良好的碳酸盐，呈紫红色和灰绿色的放射虫硅质岩出露于本岩段的顶部，为中—薄层状，厚度不过数米。由于岩层受构造活动破坏，且大多被松散的坡积物覆盖，岩层出露情况差。本段岩层的产状基本同下段，但往上岩层逐渐变缓，厚度约100米。上段为石灰岩和钙质砂岩段。最下部为鲕状灰岩及生物碎屑灰岩，鲕状灰岩中，鲕粒已重结晶，仅少数鲕粒尚保存同心环状构造，岩石中含一些玄武岩的碎屑。生物碎屑灰岩中含有孔虫、介形虫、海绵骨针化石及海百合茎、腕足类和腹足类等化石碎片。中部为灰白色钙质砂岩层，砂岩为中粗粒，碎屑组分主要为石英，长石及碳酸岩的内碎屑，被重结晶的碳酸盐胶结。上部为灰白色厚层状结晶灰岩层。本岩段岩层产状平缓，与下伏的中段呈平行不整合关系，且在接触面附近存在1—2米厚的断层角砾岩。其中的角砾，既有中段的玄武岩碎块，又有上段的灰岩碎屑，表明是后期构造错动造成的，本段可见厚度大于200米，时代属晚三叠世。

(二) 白茫雪山垭口东南剖面

德钦至中甸公路白茫雪山垭口南东数公里处剖面，出露的岩系相当于白茫雪山垭口北东坡剖面中的中段和上段，且两个剖面相距不远，完全可以对比。下面分为上、下两个岩段叙述（见图1—2）。

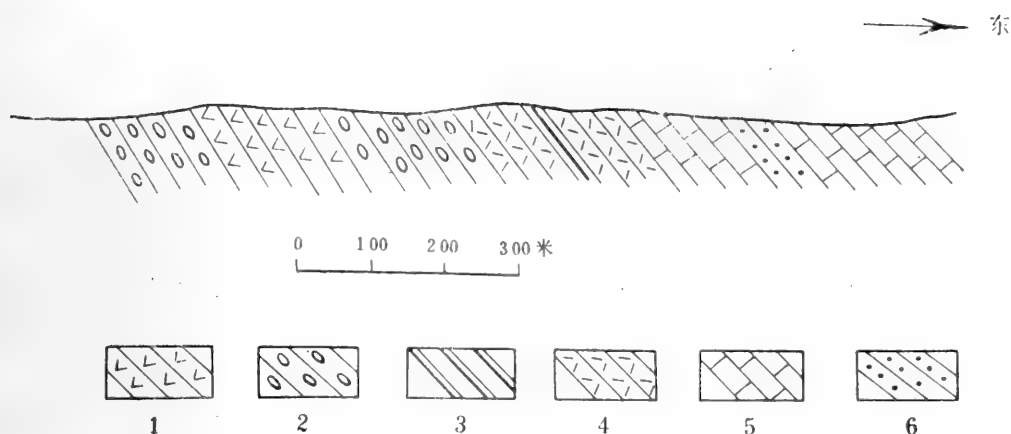


图1—2 白茫雪山垭口南东数公里处信手剖面

1. 块状玄武岩 2. 枕状玄武岩 3. 灰黑色凝灰质板岩 4. 凝灰岩 5. 石灰岩 6. 砂岩

下段为灰绿色枕状玄武岩、块状玄武岩、凝灰岩夹少量灰黑色凝灰质板岩层，岩层向东或北东陡倾。枕状玄武岩的枕状构造十分显著，岩枕多呈长圆形，大小不等（照片版1—1），岩石的杏仁状构造亦十分发育（照片版1—2）。凝灰岩主要由细粒的基性火山岩屑，长石等晶屑组成。凝灰质板岩仅厚数厘米夹于凝灰岩层中间，板理清楚，这些岩石中含放射虫（照片版2—8）。它们直接覆于枕状玄武岩层之上，本段厚度约300米。上段为石灰岩夹砂岩层，岩性可与上述剖面的上段对比。本段大部分出露在公路线以北，厚度约200米。本岩段之上，不整合覆盖着侏罗纪的陆相红层。

（三）奔子栏西侧剖面

在德钦至中甸公路奔子栏西5—6公里处，挾卡村西至鲁那村之间，出露有超基性岩、暗绿色基性火山岩、杂色的凝灰岩及紫红色放射虫硅质岩层。在这套岩系之间，夹含石炭纪鲕化石的灰岩，以及凝灰质砂岩和板岩层。由于褶皱和断裂十分发育，岩层分布及彼此接触关系比较复杂，岩层走向为北西至南东向。我们认为，此处不同时代和不同环境下形成的岩石，穿插在一起的情况是残余洋壳被抬升的过程中与隐定浅海环境下形成的岩层，彼此穿插造成的。除放射虫硅质岩以外，许多凝灰岩层中亦含有放射虫残体，硅质岩和含放射虫的凝灰岩厚度大于100米。

上述三剖面处于北西至南东向延伸的同一地带内，与本区岩层走向近于一致，相应的层段可以对比，它们应产于时代大体相当的地层中。

二、放射虫硅质岩的岩石学特征

（一）物质组成

本区放射虫硅质岩主要呈紫红色，少量为淡绿色。物质组成特点是石英含量高，而所含杂质物主要为赤铁矿和少量粘土矿物。一般石英可占岩石体积的80—90%，在光学显微镜下，呈微晶颗粒的集合体，在一些放射虫壳体内部和后期形成的石英脉中显玉髓的纤维状构造，经X射线衍射和红外光谱分析，证明岩石主要由低温石英组成，从X射线衍

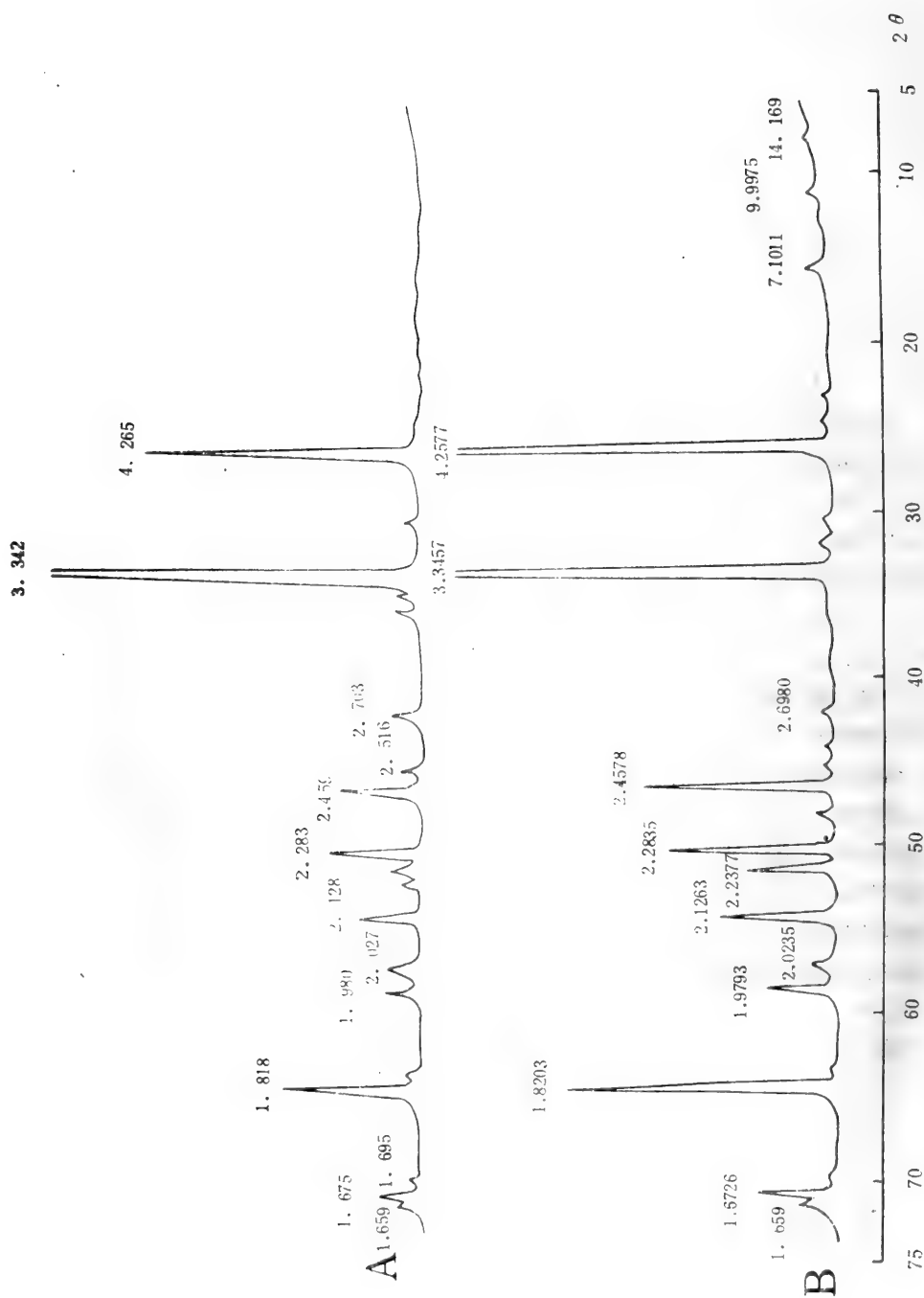


图1—3 放射虫蛙质岩的X射线衍射图

实验条件: Fe靶 Mn滤波 电压30仟伏 电流160毫安 狭缝 1° , 1° , 0.15

射图（见图 1-3A）可以看到，突出的高峰均为石英的峰（ 4.25Å ， 3.34Å ， 2.45Å ， 1.82Å ）。少量矿物赤铁矿呈细小斑点散布于岩石中，在X衍射图（图 1—3 B）中有清楚的显示（ 3.68Å ， 2.69Å ， 2.51Å ），因为是用铁靶做的，其峰被大大压低了。赤铁矿是造成岩石呈紫红色的致色物质，是硅质岩中的主要杂质组分。其它杂质组分是数量很少的粘土矿物，从X射线衍射图（见图 1—3 B）也有显示，矿物种类限于伊利石（ 9.99Å ， 4.49Å ）和绿泥石（ 14.16Å ， 7.10Å ， 4.72Å ， 3.54Å ）两种。

表1—1

化 学 分 析 数 值

编 号	岩石 名称	数值 (%)														总 计
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	烧 失 量	
1	放射虫硅质岩	91.56	0.10	—	4.02	2.85	0.01	1.05	—	—	痕	0.11	痕	0.36	0.48	100.54
2		87.18	0.16	4.93	—	3.67	0.03	0.49	0.22	0.54	2.15	0.11	0.17	0.90	—	100.55
3		91.06	0.07	2.16	1.48	3.47	0.07	—	1.25	0.25	0.05	0.03	0.29	—	—	100.28
4		92.33	0.03	1.37	2.26	2.63	0.14	痕	1.25	—	0.10	痕	0.28	—	—	100.39
5	凝灰岩	46.27	0.16	13.52	2.32	8.14	0.18	8.17	6.18	0.15	3.92	0.20	4.25	2.15	5.09	100.70

放射虫硅质岩的化学组分列于表 1—1，从 1—4 号可以看出，岩石中二氧化硅的含量达 90% 左右或更高；氧化铁的含量则偏低，低价和高价氧化铁之和为 3—7%；其它如三氧化二铝、氧化钠和氧化钾含量均较低。这表明岩石较纯和含杂质少的特点。氧化钙和氧化镁来自成岩后交代成因的碳酸盐，含量亦很少，化学组分的这些特点和矿物组成情况是对应的。

（二）结构构造特点

本区放射虫硅质岩均呈中一薄层状产出，岩石致密坚硬，但普遍多裂隙，几组裂隙交叉把岩石切割成角砾状。这些裂隙已被石英细脉充填，反映出在成岩以后受构造挤压破碎再胶结的情况是强烈的。

硅质岩的结构特点是石英颗粒的结晶度较好，由矿物组成的结构类型单一，放射虫残体组成的生物结构比较模糊不清。在扫描电镜下观察可知，石英颗粒直径为 2—5 微米，多呈有些棱角的半自形晶，它们相互嵌接构成等粒（照片版 2—7）或不等粒结构。

岩石中的放射虫介壳保存程度均比较差，在薄片上只能看到一些圆形或长圆形的痕迹（照片版 1—3、4），在显微镜正交偏光下显玉髓的纤维状构造，它们是由结晶较好，比较纯净的石英组成，在扫描电镜下观察用氢氟酸浸泡腐蚀过的硅质岩碎片和处理出的放射虫壳体，见放射虫壳体多残缺不全，且壳体表面的网孔结构比较模糊，多数网孔已被参差不齐堆叠起来的石英颗粒堵塞，只留下一些极不规则的空隙（照片版 2—8、9、10）。

(三) 成岩及成岩后的变化

放射虫硅质岩是由松软的硅质沉积物经过成岩和成岩以后的变化而形成的, 其中主要组分石英绝大部分由沉积的非晶质蛋白石的放射虫壳体溶解再结晶而成, 少部分是沉积物中的凝灰质分解时析出的二氧化硅再结晶的, 沟谷(3) (Mizutani, 1970) 实验研究了非晶二氧化硅在热水条件下向石英的转变, 证明非晶质二氧化硅首先转变为低温方石英, 再变化为低温石英。这一实验结果已得到深海钻探的证实。岩石中其它少量矿物即赤铁矿、绿泥石和伊利石则主要来源于火山凝灰质的蚀变和转化(4)。

与我国西藏地区的放射虫硅质岩(5)比较, 本区放射虫硅质岩的突出特点是: ①物质组成比较简单, 含杂质的种类和数量均少, 且均是在地表条件下稳定的矿物。②岩石的结构类型单一。③放射虫残体保存程度差。这是由于本区硅质岩形成时代较西藏地区同类岩石要老, 它们经受的成岩变化比较充分, 又受到后来近地表处风化作用的影响。

混入到原始硅质沉积物中的火山凝灰物质, 在成岩作用中被分解, 首先形成一些不稳定的过渡型矿物如某些沸石类矿物、混合层粘土矿物等, 它们进一步变化形成稳定的氧化铁, 绿泥石和伊利石。当岩石到达近地表或出露地表后, 又遭受风化作用, 岩石中一些容易在地表条件下溶解和迁移的组分被带走。这可能是本区硅质岩中钾、钠、钙、镁的氧化物含量很少的原因。

三、含放射虫的凝灰岩和凝灰质板岩的岩性特征

在前述几个剖面中, 均发现有厚度不等的灰绿色细粒的凝灰岩和灰黑色凝灰质板岩层, 许多这类岩石中亦有程度不同的放射虫残迹。这些岩层多出现在枕状玄武岩和放射虫硅质岩层邻近的上覆或下伏层中。

(一) 凝灰岩

岩石多呈灰绿色至暗绿色, 大多数岩层中, 岩石的组分以基性火山岩的岩屑和长石等晶屑为主, 被细微的凝灰质胶结, 一些放射虫的壳体分布在碎屑的空隙中, 但有的岩石中含多量火山玻璃碎屑, 显示出尖锐的棱角和奇异的形态(照片版 1—5)。凝灰岩的矿物组分除长石, 石英外, 普遍含呈大小斑点状散布的氧化铁, 主要为赤铁矿和褐铁矿, 数量较多的绿泥石和伊利石等粘土矿物。有的岩石遭受碳酸盐化作用而含较多的碳酸盐矿物, 有些以玻屑为主的凝灰岩中, 含结晶良好的黄铁矿晶体(照片版 1—6)其边缘部分已氧化变为褐铁矿, 它们的粒径 0.2—0.8 毫米不等。岩石的化学组分, 除去后期碳酸盐化的影响后, 大体上相当于玄武岩的组分(见表 1—1 中 5 号)。

(二) 凝灰质板岩

均呈灰黑色, 板理清楚。主要由细粒的凝灰质和鳞片状粘土矿物组成, 岩石普遍具有黑色有机质条纹, 含黄铁矿晶体或斑点, 其中亦含有少量放射虫残体。

上述这二种岩类中所含放射虫壳体, 往往其保存程度比硅质岩中好一些, 有的外形比较清楚, 有的在薄片中还可见到壳体边缘向外伸展的长刺。这主要是因为这些岩石的组分比较复杂, 在成岩过程中, 孔隙溶液不能完全自由的流通, 因而成岩变化不如硅质岩中进行的充分。

四、讨 论

由超基性岩、辉长岩、枕状及块状玄武岩等组成的蛇绿岩组合是地幔物质涌出形成的洋壳物质，而本区放射虫硅质岩以及含放射虫的凝灰岩和凝灰质板岩又直接覆盖于枕状玄武岩或块状玄武岩之上，表明了它们与洋壳物质的密切关系。这些沉积岩中缺乏陆源组分，其主要成分来源于海底火山喷发的产物和硅质的放射虫介壳，已知大量放射虫介壳的堆积只发生在海洋中碳酸盐矿物的补偿深度以下地区，因而这套含放射虫的沉积岩是在海底深水条件下沉积再经过成岩和成岩后的变化而成的。从许多含放射虫的凝灰质板岩及某些硅质岩和凝灰岩中具有黑色有机质条纹（照片版 1—3）和含有黄铁矿晶体或斑点等，说明在沉积和成岩早期阶段处于还原的环境。

这套深水沉积岩之上，呈假整合上覆的是鲕状灰岩、生物碎屑灰岩及钙质砂岩等典型的近岸浅水沉积岩层。表明本区到了晚三叠世时，沉积环境曾发生重大的变化，由很深的洋底突然变为很浅的海滨或陆棚区。

现在已知，类似的与超基性岩、枕状玄武岩等伴生的放射虫硅质岩，在滇西的其它地区也有出露，发现从奔子栏附近，沿澜沧江向南的许多地点，特别是云县的铜厂街一带和孟连附近，放射虫硅质岩比较发育。在1981年野外考察期间，张旗等同志观察并采集了这两个地区放射虫硅质岩的样品。此外，从本区向北，到川西得荣县的嘎金雪山及雪堆一带，有大量超基性岩和少量辉长岩出露，在呷呷附近也发现有少量含放射虫的硅质岩，是本区蛇绿岩带向北的延伸。由于滇西至川西地区这些深海喷发岩和含放射虫的沉积岩系均形成于晚古生代后期至三叠纪早—中期，因而从晚古生代某一时期（可能是石炭纪）至三叠纪早—中期。本区及川西得荣县嘎金雪山一带大体沿金沙江呈南—北向展布并向南沿澜沧江延伸到孟连的这一地带，曾处于古特提斯的深洋区，从蛇绿岩带两侧的较老岩层均是以浅水碳酸岩为主的稳定陆台型沉积的事实。我们推测，自石炭纪某一时期，这一地带由原来的非活动性大陆边缘被拉开形成古特提斯海，而到了晚三叠世早期，经过印支运动，古特提斯洋盆闭合，但并未马上被抬升成为陆地，而是变为浅海环境。直到侏罗纪时，本区沉积了红色陆相碎屑岩系，表明海水已经退出，从此结束了海相环境。

野外考察工作是和潘裕生、张新民、张旗、李达周、张魁武等同志一起进行的，在室内研究工作中，得到我所化学分析、X射线、扫描电镜等实验室以及照相和绘图等有关同志的帮助，在此一并致谢。

参 考 文 献

- (1) Grunau, H. R. (1965): Radiolarian Cherts and Associated Rocks in Space and Time. *Ecologiae Geol. Helv.* Vol. 58, P. 157—208
- (2) 中国科学院地质研究所绝对年龄实验室：《钾氩法测定岩石矿物绝对年龄数据报导》Ⅱ，于《地质科学》，1965（2），106—112页。
- (3) Mizutani, S.: Silica Minerals in the Early Stage of Diagenesis., *Sedimentology* 15, 419—436 (1970)

- (4) Hay, R.L., Volcanic Ash - Diagenesis., Encyclopedia of Sedimentology, P.119-124, Dowden, Hutchinson and Ross, 1978.
- (5) 王连城、王二七:《西藏地区放射虫硅质岩的研究》。

THE RADIOLARIAN-BEARING SEDIMENTARY ROCKS OF ABYSSAL FACIES IN BAIMANG MOUNTAINS OF WESTERN YUNNAN

Wang Liancheng

Wang Erqi

(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

The Hengduan mountains in western Yunnan is one of the area where geologic record of the ancient Tethys is well preserved. During field investigation in 1981, we discovered three points in Baimang mountains where radiolarian silicolites, radiolarian-bearing tuff and tuffaceous slates are closely associated with ultrabasic rocks, gabbro, pillow and massive basalt. We have made preliminary studies on these abyssal rocks and their sedimentary environment and geologic significance were discussed on the basis of their characteristic composition, texture and diagenetic change.

Our studies show that terrigenous materials are lacking in these sedimentary rocks; the sediments come mainly from products of volcanic emanation in sea floor and siliceous radiolarian shells. The original sediments deposited on the oceanic crust in deep water and underwent diagenetic and post-diagenetic changes to form the rocks.

Late Triassic bioclastic limestone and calcareous sandstone overlay the abyssal sedimentary rocks by pseudo-conformity. They represent littoral-shallow sea facies environment. In turn, Jurassic red clastic rock series overlay the Triassic. This indicates that the ancient Tethys ocean initially closed in late Triassic and in Jurassic sea water completely retreated from this area.

2. 墨江—哀牢山地区晚三叠世一碗水组 红色碎屑岩系的沉积特征及安定—金 厂一带超基性岩侵位时代的讨论

王二七 王连城

(中国科学院地质研究所)

墨江—哀牢山地区晚三叠世一碗水组下部是由紫红色砾岩、砂岩和泥岩组成的陆相沉积岩系，它们在思茅中—新生代盆地的东缘，哀牢山浅变质岩带的西南侧有广泛的分布。这是一套由印支造山运动形成的磨拉石堆积，对这套岩系，前人已有过一般性的描述。

关于安定—金厂一带超基性岩的侵位时代问题，前人多认为属燕山期，近年来，有人提到在一碗水组下部砂砾岩中含超基性岩的砾石^{*}，推测还存在有印支期或更老的超基性岩，而关于超基性岩侵位性质，则多认为是沿超壳断裂贯入的热侵入体。

本文是在观测了安定—金厂一带一碗水组红色碎屑岩系的基础上，研究了这套岩系的岩性及岩相特征，讨论了其形成环境和蚀源区，并探讨了与之在空间上密切相关的超基性岩的侵位性质和侵位时代问题。

一、一碗水组下部红色碎屑岩系岩类组合特征

一碗水组红色碎屑岩系的时代为晚三叠世早期，是思茅中—新生代盆地早期演化的产物。下面结合二个地质剖面研究它们的沉积特点。

(一) 墨江县金厂一碗水组路线剖面

该剖面位于安定—金厂超基性岩带的西南侧。这里出露的晚三叠世一碗水组包括形成环境截然不同的两部分，下部红色碎屑岩系不整合在志留系浅变质岩系之上，岩层走向为北西—南东向，倾向南西，呈一单斜形式（见图2—1）。这套岩系由若干个包括紫红色中—细粒砾岩、砂砾岩、灰黄色至灰绿色岩屑砂岩和紫红色泥岩构成的韵律层。每个韵律层厚数十米。整个岩系由底部向上有逐渐变细的趋势，即砾岩、砂砾岩层减少，厚度变薄，而泥岩增多加厚。这套岩系中未见化石。碎屑组分的分选性差，绝大多数磨圆度不好，成分复杂，以紫红色为主，是由季节性的河流和洪水形成的冲积物和洪积物。在这套岩系之上，整合地覆盖着一套浅海相碳酸盐岩和粉砂岩，泥岩系，也就是一碗水组的上部岩层。碳酸盐岩为灰白色中—厚层的生物碎屑灰岩，其中含大量的腕足类

^{*}西南地质研究所，1975年。

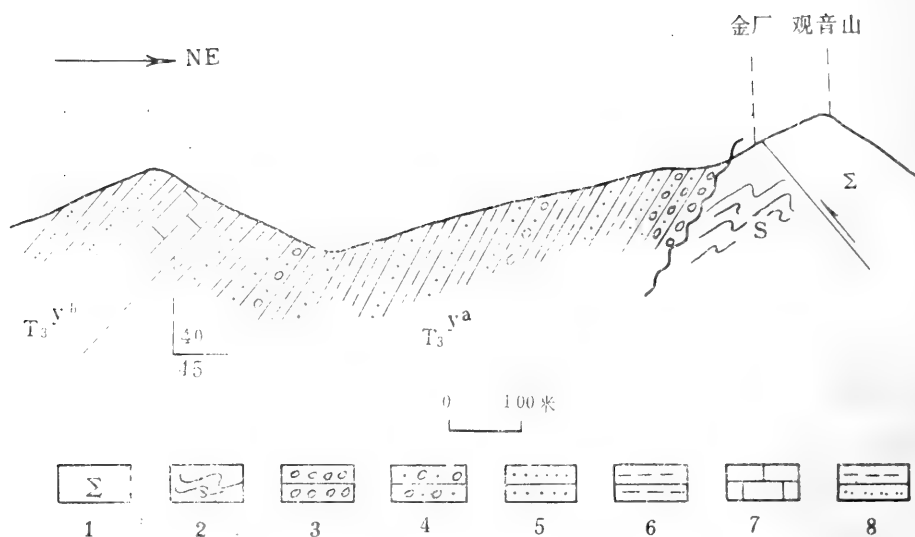


图2—1 墨江县金厂—碗水组路线剖面图

1. 超基性岩 2. 浅变质岩系 3. 紫红色砾岩 4. 紫红色砂砾岩 5. 浅灰黄色砂岩 9. 紫红色泥岩
7. 生物碎屑灰岩 8. 灰黑色粉砂岩与泥岩互层

等化石碎片。这套生物碎屑灰岩在区域上分布稳定，可作为标志层。碳酸盐岩之上，是互层状的灰黑色粉砂岩和泥岩。在区域上含煤线及煤层，但不稳定，为海陆交互相沉积物。

根据上述特点，表明晚三叠世一碗水组包括了几种不同沉积环境的沉积物，下部的陆相红色碎屑岩系，其上浅海相生物碎屑灰岩系和最上部的海陆交互相的灰黑色粉砂岩和泥岩系。反映出在晚三叠世，本区曾有过一次明显的海侵，并在一段较短的时间里，处于稳定的浅海环境，然后又变为海陆交互相，以后逐渐向陆相环境转化。

(二) 墨江县安定镇一碗水组下部剖面

该剖面与上述金厂剖面在总的面貌上基本一致，但此处受断裂破坏出露不全，而

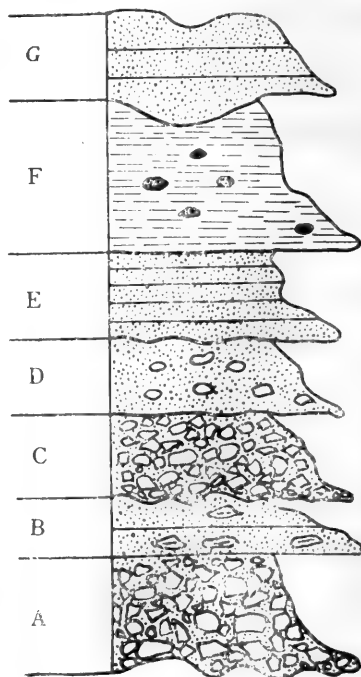


图2—2 安定镇一碗水组底部一个韵律层的垂向剖面

A. 紫红色砾岩 B. 紫红色含泥砾砂岩 C. 紫红色砾岩 D. 紫红色含砾砂岩 E. 紫红色粗砂岩 F. 紫红色泥岩 G. 黄绿色细砂岩

被公路切出的部分，岩层出露好，层与层之间的接触关系清楚，沉积韵律明显。在此我们对岩系底部有代表性的一个韵律层进行了描述，讨论了其形成的环境和物质来源。自下而上分为七层（见图2—2）。

A层：紫红色砾岩，厚度2—3米，砾石的粒径一般为10—30厘米，有的更大或更小，分选性差，多呈次棱角状。砾石成份为石英岩、蚀变中基性火山岩（照片版3—2），蚀变砂岩（照片版3—3），千枚岩（照片版3—1）以及板岩等。比较细小的砾石以燧石和石英为主，少量蚀变的超基性岩。基质主要为砂，泥质和赤铁矿，基质含量约10%。有的部位上大的砾石显定向排列，长轴方向大体平行岩层走向（北西至南东），偶尔还可以看到砾石向东北方向迭覆（岩层倾向南西）的现象。岩层的层理不清楚，底面凹凸不平，局部见夹角不大的交错层理，属暴洪沉积。

B层：紫红色含泥砾岩屑砂岩，厚度约1米，中—薄层状。碎屑组分除石英含量较多外，基本上同上述砾岩的砾石组分。胶结物为泥质和赤铁矿，基质含量约15%。在岩石中，含有粒径数厘米的扁平泥砾，其长轴方向平行岩层走向，碎屑颗粒嵌入其中，表明它们在沉积时未完全固结。底面平整，属于暴洪间隙，季节性河流沉积物。

C层：紫红色砾岩，岩性特征基本同A层，但砾石粒径普遍较小，也属暴洪沉积物。

D层：紫红色含砾岩屑砂岩，厚度2米左右，碎屑组分与B层相似，具有不很明显的递变层理。砾石悬浮在细粒碎屑之中。岩层底面较平整，可能为暴洪尾部的沉积物。

E层：紫红色粗粒岩屑砂岩，厚度约1.5米，中—薄层状，多呈透镜状，底部界面呈波状起伏，是季节性河流之点坝沉积物。

F层：紫红色粉砂质泥岩，厚度约3—5米，薄层状。主要组分为粘土质和赤铁矿，含石英粉砂约20%，中间有许多椭圆形微晶碳酸盐组成的颗粒。直径3—4毫米，可能是有机质分解形成的气胀孔被碳酸盐充填了。岩层底部界面平整，属季节性河流的堤岸沉积。

G层：浅黄绿色细粒岩屑砂岩，厚度约1—2米，薄层状，多呈透镜层，岩石组分与上述砂岩类似，岩层底面起伏不平，为河道沉积。

安定镇西侧一碗水组红色碎屑岩系就是由许多类似的韵律层组成。该岩系总的趋势是粒度由下至上逐渐变小，这些情况与前述金厂剖面类似。从区域资料可知，这套红色陆相碎屑岩在哀牢山浅变质岩带西侧分布很广，它们的厚度在横向上变化大而且以突变为其特征。在金厂一带厚度约1000米，其北数十公里的烂泥塘一带则厚达3000米，再往北至新平县一带又减至一千多米。所安定南面的利达附近厚度仅几十米，表现出由多个洪积扇横向连接的特点。

这种由暴洪沉积的砾岩和季节性水流沉积的砂岩和泥岩组成规模不等的洪积—冲积扇，沿沉积盆地的走向，彼此连接成带，往盆地中心，即景谷县一带就相变为浅海相的泥页岩和碳酸盐岩沉积。岩系的紫红色是半干旱性气候条件下的反映。沉积物的堆积受构造活动的控制。由于印支运动的影响，东侧哀牢山浅变质岩与陆区不断上升，风化形成的碎屑和泥质物有充分的供应，而西侧的沉积区则沿边界断层不断下沉，因而堆积了

厚度达千米或几千米的碎屑岩系。

关于物质来源即蚀源区问题：①从地理位置的分布看，哀牢山浅变质带是这套碎屑岩系的东邻。②从砾岩中某些砾石朝北东方向迭覆的现象来推断，水流方向来自北东向，即沉积物来源于北东方向。③碎屑组分的岩性和结构特征表明物质搬运距离甚短，即蚀源区很近。④组成这套红色陆相碎屑岩系的物质成分，主要是一些浅变质的沉积岩岩屑和中—基性火山岩岩屑，以及它们进一步破碎或蚀变的产物。而哀牢山浅变质岩带正是由这些岩系组成的。所谓的哀牢山浅变质岩带，指的是位于思茅盆地北东缘的一套古生代及早中三叠世的遭受浅变质的碎屑岩和中基—中酸性火山岩系。显而易见，哀牢山浅变质岩带是蚀源区，是沉积物的来源地。

二、一碗水组下部砂砾岩中超基性的碎屑组分及其变化

晚三叠世一碗水组下部红色碎屑岩中是否含有超基性岩的组分是一个重要问题。因为这是确定墨江—哀牢山地区超基性岩侵位时代的证据之一。虽然有人提到在这套岩系的砾岩中发现有超基性岩砾石，但未见鉴定资料报导。我们研究了安定剖面的砂砾岩的组分，发现其中含有蚀变了超基性岩碎屑，有如下证据：①风化残留的蛇纹石，在光学显微镜下可以看出，此种碎屑颗粒的边缘部分为红褐色的赤铁矿，中心部分残留有新鲜的蛇纹石。蛇纹石呈无色或淡绿色，透明，在正交偏光下显一级灰干涉色，呈纤维状或板状集合体（照片版3—4），二轴负晶，正延性，为纤维蛇纹石，少数为叶蛇纹石。从X射线衍射图谱（见图2—3A）可知，样品中含有镁蛇纹石（ 7.32\AA ， 4.62\AA ， 3.677\AA ， 2.50\AA ），这一结果和薄片观测情况相符。几个含蛇纹石碎屑的X射线粉晶照像的结果也证实镁蛇纹石的存在。②蛇纹岩的残余结构，由蛇纹石集合体组成的交叉网脉状结构是蛇纹岩普遍具有的一个特征。本区砂砾岩中的一些碎屑中残留有这种网状结构，但物质组分已不是蛇纹石，而是石英和赤铁矿（见图2—3B）。构成网脉的脉宽0.02毫米，其间有更细的脉相连，脉间孔隙处主要为红褐色的赤铁矿，杂有少量石英。在碎屑边缘和裂隙处均被铁染，表明石英交代蛇纹石在先，风化形成赤铁矿在后（见照片版3—5）。③绿泥石为主要组分的碎屑。在紫红色砂砾岩中，一些细粒砾石和砂级碎屑呈暗绿或灰绿色，有的被铁染成杂色。经X射线粉晶照像，其中矿物组分除少量赤铁矿外，主要为铁绿泥石（ 14.5\AA ， 7.1\AA ， 4.74\AA ， 3.55\AA ， 2.54\AA ），它们可能是由超基性岩中暗色矿物蚀变而成。④伊丁石，亦呈细小碎屑出现在砂砾岩中。这是一种由硅酸盐和铁镁氧化物组成的混合物，在显微镜下呈褐红色，半透明，吸收性较强。平行消光，解理极完全到完全，结晶成板柱状（照片版3—6），是橄榄石的蚀变产物。

安定—金厂一带出露的超基性岩主要由斜辉辉橄岩蚀变成的蛇纹岩组成。这种岩石的碎屑经短途搬运，堆积在粗碎屑物中。在干旱气候下，易于被风化分解和蚀变。粗大的碎屑堆积下来以后，空隙大，空气和水易流通，可以被充分氧化，蛇纹石全部被分解。其中二价铁氧化成三价的氧化铁，呈赤铁矿形式保留下来，其余组分被二氧化硅交代形成石英。在较细的沉积物中，堆积后氧化和化学风化作用不如上述情况充分，蛇纹

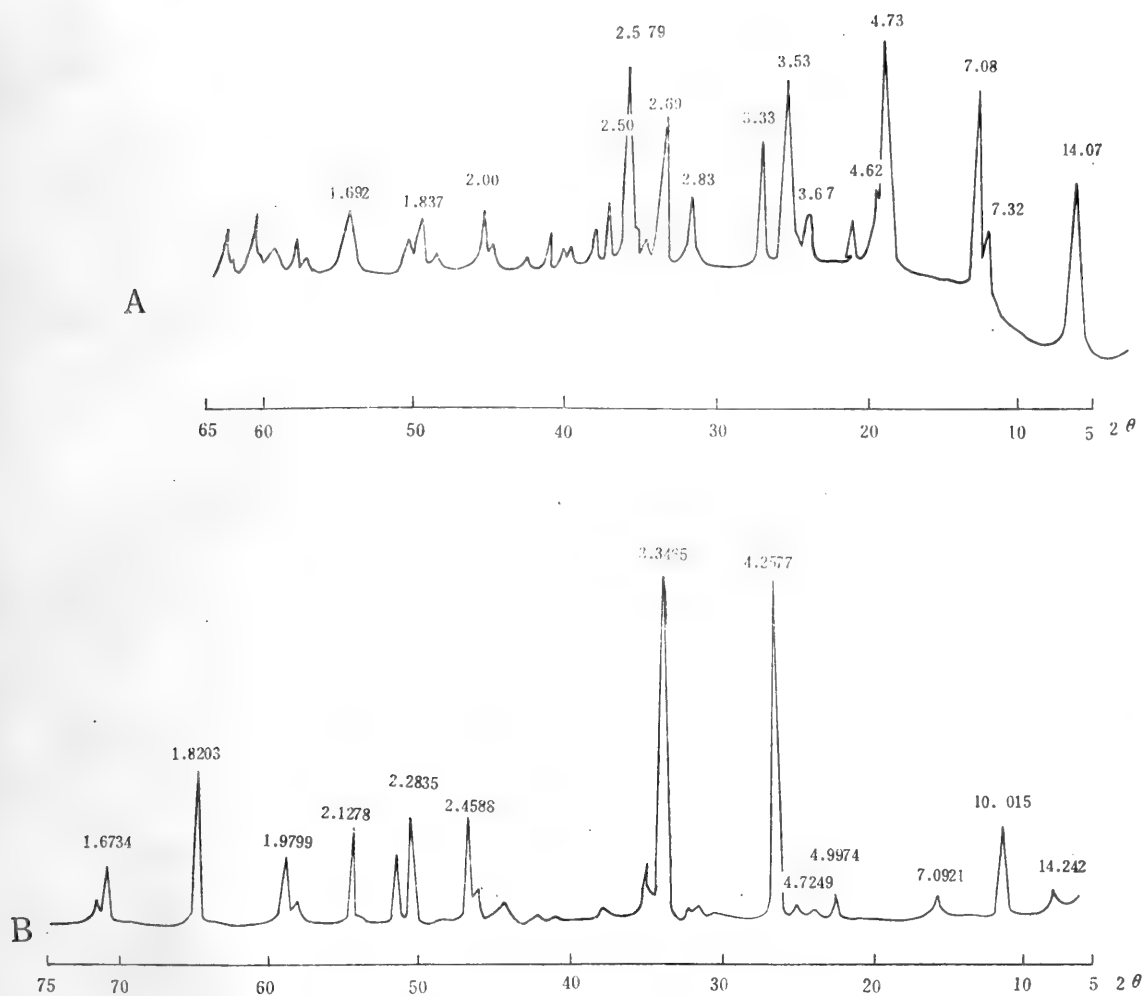


图2—3 砂砾岩中含铁碎屑颗粒的X衍射图

实验条件: A. Cu靶, Ni滤波, 电压35千伏, 电流20毫安, 狭缝1°, 1°, 0.2

B. Fe靶, Mn滤波, 电压30千伏, 电流160毫安, 狭缝1°, 1°, 0.15

石碎屑边缘被氧化, 内部仍可有新鲜的蛇纹石残留下来。此外, 橄榄石蚀变产生的伊丁石和蛇纹岩中含铁镁较高的暗色矿物蚀变后形成的绿泥石和粘土矿物作为少量组分也出现在本区红色粗碎屑岩中。

三、安定—金厂一带超基性岩侵位时代及侵位性质的讨论

安定—金厂一带的超基性岩与本区晚三叠世一碗水组下部红色碎屑岩系直接接触, 且有因断层的错动而出露于碎屑岩之中的现象。前人多认为超基性岩是燕山期热侵入于晚三叠世地层之中的。但是我们对安定—金厂一带几个剖面的观测, 发现二者的接触界面很清楚, 有断层错动造成的破碎现象。在安定镇一带超基性岩体边部, 有混于

其内的红色陆相砂砾岩块体,但未发现任何热接触烘烤变质的现象。表明超基性岩并不是热侵入形成的,混入于边缘部分的砂砾岩块体并不是捕虏体,而是后期断裂活动搓碎而掺入的。

根据前述,一碗水组下部红色砂砾岩中含有蚀变的超基性岩碎屑,并且一些细小碎屑是赋存在固结好并无破碎现象的沉积岩中,即这些碎屑乃是作为沉积组分参加到岩石中来的,这就表明超基性岩的侵位时代要早于一碗水组红色陆相碎屑岩系形成的时代,即在晚三叠世之前,因而不是燕山期的产物,而是海西期或印支期侵位的。

野外考察工作是和潘裕生、张新民同志共同完成的,并且进行了有益的讨论。室内研究工作得到了张乃娴同志,以及我所照相室、绘图室有关同志的帮助,在此表示感谢。

SEDIMENTARY FEATURES OF RED DETRITAL ROCKS OF LATE TRIASSIC YIWANSHUI FORMATION IN THE MOJIANGAILAOSHAN REGION AND THE EMPLACEMENT AGE OF THE ULTRABASIC ROCKS IN THE ANDING-JINCHANG BELT

Wang Erqi Wang Liancheng

(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

The lower beds of the Triassic Yiwanshui Formation in the Mojiang-Ailaoshan region are composed of red detrital rocks consisting of dark red grit, fine-grained conglomerate, variegated sandstone, and dark red mudstone. They are distributed along the eastern Mesozoic Cenozoic Simao Basin, and the Southwestern Ailaoshan epizone.

The authors have studied the material composition and sedimentary structural features of the red detrital rock and made tentative analysis on the environment of its sedimentation system. A view differing from those of previous researchers is advanced on the age and manner of emplacement of the ultrabasic rocks.

Our investigation shows that: (1) the red detrital rocks are continental deposits consisting mainly of proluvium which originates from the northeastern part of the Ailaoshan epizone; (2) the ultrabasic rocks of the Anding-Jinchang belt are structurally emplaced cold rocks. Their emplacement, a result of the Hercynian or Indo-China orogeny, occurred before the deposition of the Yiwanshui Formation; (3) the red detrital rocks of the Yiwanshui Formation were deposited during the Indo-China orogeny. These red beds mark the close of the ancient Tethys oceanic basin; (4) directly overlying the red beds are the shallow sea carbonate rocks of the Yiwanshui Formation. These rocks originated from a transgression that occurred during the latter part of the Triassic period.

3. 横断山脉南段临沧岩体的初步研究

谢应雯 张玉泉 胡国相

(中国科学院地球化学研究所)

临沧岩体是澜沧江岩带中最大的岩体,长300多公里,宽10——60公里,呈北北西方向延伸,围岩是前奥陶系澜沧江群变质岩,岩体上部还保存有围岩顶盖。对它的成因,有混合岩化和岩浆侵入两种看法。关于岩体的时代,云南区调队新编的1:50万地质图将其划归于海西到印支期;也有人认为它的时代比区调队划的更老。从野外地质路线(图3—1)所观察到的地质现象:①岩体与前奥陶系变质岩是侵入接触关系(图3—2)。在接触带出现角岩和矽卡岩。例如在硝塘西岩体顶盖中有方铅矿柘榴石矽卡岩。②岩体由多种岩性组成,不同岩性之间多是侵入关系(图3—3)。这在景洪到勐海,勐库到斗阁等



图3—1 临沧岩体路线图

1. 观测路线

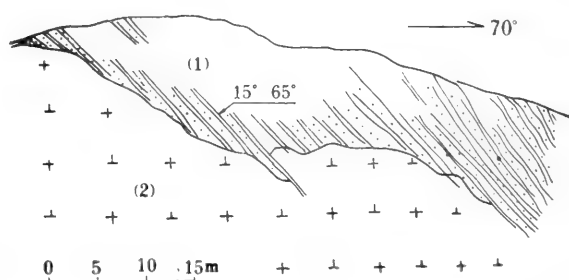


图3—2 花岗闪长岩与围岩侵入关系图(路标262公里)

(1) 前奥陶系变质岩 (2) 中粒花岗闪长岩

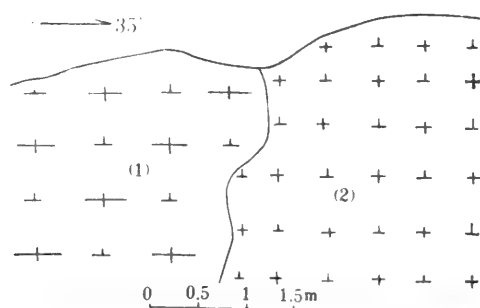


图3—3 中粒花岗闪长岩与斑状花岗闪长岩侵入关系图

(景洪——勐海路标749.5公里)

(1) 斑状花岗闪长岩 (2) 中粒花岗闪长岩

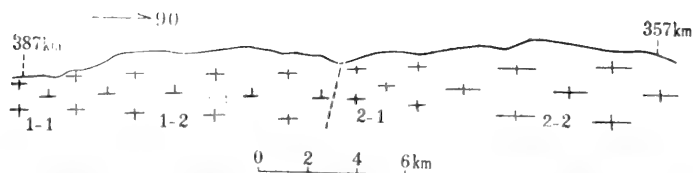


图3—4 勐库—斗阁路标357—387公里路线地质图

1—1花岗闪长岩外部相（中细粒花岗闪长岩） 1—2花岗闪长岩内部相（中粒花岗闪长岩） 2—1斑状黑云母花岗岩外部相（中细粒斑状黑云母花岗岩） 2—2斑状黑云母花岗岩内部相（中粗粒斑状黑云母花岗岩）
路线中均可见到。其中花岗闪长岩类是岩体的主体部分，次为花岗岩。③同一种岩性有清楚的相变关系（图3—4），发育内部相和外部相，如花岗闪长岩、斑状黑云母花岗岩和不等粒黑云母花岗岩等。④岩体内部有各种形状和不同成分的捕虏体，尤其是花岗闪长岩中最多。这和西藏曲水岩体的情况有些类似。但是临沧岩体中的捕虏体在数量上要比曲水花岗闪长岩中的少得多，而捕虏体的定向排列也没有曲水花岗闪长岩中的那样明显。根据作者野外室内工作初步结果，表明临沧岩体具有岩浆型的特点。而且又是多期多阶段侵入的大型复式岩体。

一、岩体地质

临沧岩体是多期多阶段侵入的大型复式岩体。根据岩体内不同岩性之间的相互穿插

表3—1 临沧岩体中不同地区岩性对比表

时 代	侵入次数	地 质 路 线					
		景洪—勐海	上允—硝塘	勐库—斗阁	斗阁—临沧	临沧—云县	云县—芒怀
海西期 (216— 244百万年)	第一次 侵入岩	中粗粒斑状 花岗闪长岩					
	第二次 侵入岩	中粒花岗闪 长岩片麻状 花岗闪长岩		中粒花岗闪 长岩	中粒花岗闪 长岩	中粒花岗闪 长岩片麻状 花岗闪长岩	中粒花岗 闪长岩
	第三次 侵入岩	细粒花岗闪 长岩					
印支期 (191— 199百万年)	第一次 侵入岩	中细粒黑云 母花岗岩		中粗粒斑状 黑云母花岗 岩	中粗粒斑状 黑云母花岗 岩	斑状黑云 母花岗岩	中粒斑状 黑云母花 岗岩
	第二次 侵入岩		不等粒黑云 母花岗岩				

关系,可分为两期。早期侵入的主要是中酸性的花岗闪长岩,包括中粗粒斑状花岗闪长岩、中粒花岗闪长岩和细粒花岗闪长岩等。较集中的分布在岩体西侧和岩体南段,其面积约占岩体总面积的三分之二。此外,花岗闪长岩有一部分具片麻状构造,如景洪西和仰头崖等地。以上不同岩性的侵入先后顺序和出露地段,如表3—1所示。晚期侵入的主要是酸性的花岗岩,包括中粗粒斑状黑云母花岗岩和不等粒黑云母花岗岩等。较集中的分布在岩体中段和岩体的东北部分。分布虽然较广,但规模比前者少得多。

岩体时代,根据已经测定的6个不同类型岩石中黑云母K—Ar年龄,范围244—191百万年,相当于海西——印支期。其中海西期的侵入体,主要是中酸性的花岗闪长岩,其黑云母同位素地质年龄范围244—216百万年,属于海西晚期。从这次测定的黑云母年龄是223—216百万年,相当于印支期的年龄范围。但考虑到测定年龄的黑云母有明显的动力作用现象,其年龄有偏低的可能,再加上过去测定的黑云母有海西期的年龄244百万年,所以早期侵入的中酸性的花岗闪长岩还应该是海西晚期的产物。晚期侵入的酸性花岗岩两个黑云母同位素地质年龄是199、191百万年,属于印支期。

二、岩石矿物成分

海西期花岗闪长岩,是中粗粒似斑状结构和等粒结构的灰色和灰黑色的岩石。主要造岩矿物有斜长石、钾长石、石英和黑云母等。而等粒结构的岩石中,暗色矿物还有角闪石。斜长石牌号 $An=30-41$,相当于中长石。印支期花岗岩,是似斑状结构和不等粒结构的灰白色岩石,主要造岩矿物有斜长石、钾长石、石英和黑云母等。其中斜长石牌号 $An=15-24$,相当于更长石。上述岩石中标准矿物含量,如表3—2。

表3—2 临沧岩体中不同岩性的主要标准矿物含量与斜长石牌号表

序号	岩石名称	正长石	钠长石	钙长石	石英	斜长石牌号 An	
						变化范围	平均
1	中粗粒斑状花岗闪长岩	23.34	21.99	9.92	29.80	30—32	31
2	中粒花岗闪长岩	19.26	23.60	14.66	26.26	35—36	35.5
3	细粒花岗闪长岩	22.29	20.64	14.14	26.42	32—36	34
4	片麻状花岗闪长岩	23.57	20.38	11.61	26.67	31—41	35
5	中细粒花岗岩	24.04	22.33	11.70	28.29	24—29	26
6	中粗粒斑状黑云母花岗岩	25.46	21.06	10.70	35.00	20—30	24
7	不等粒黑云母花岗岩	26.41	25.46	10.70	32.55	14—24	15

副矿物,人工重砂初步工作结果:不同类型岩石中,副矿物组合基本相同,例如磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿、褐帘石、榍石、金红石、锆石和磷灰石等。但在不同的岩石类型中特征的副矿物含量也各有所异,例如在花岗闪长岩中锆石和磷灰石含量多,而褐帘石、榍石少。然而,在花岗岩中特征副矿物的含量变化,却恰恰相反。

三、花岗岩类形成的温度与压力

若将临沧花岗岩类岩石的标准矿物成分投影在Ab—Or—Q—H₂O的相图上(图3—5),则发现投影点均密集并靠近三相最低共结点附近。这个特点正是岩浆成因的佐证。再将标准矿物成分投影在Ab—Or—Q—H₂O图解上(图3—6),可以看出,花岗闪长岩的形成温度在750°C左右,压力为1000巴;花岗岩的形成温度在750°到700°C之间,压力比花岗闪长岩的稍低。

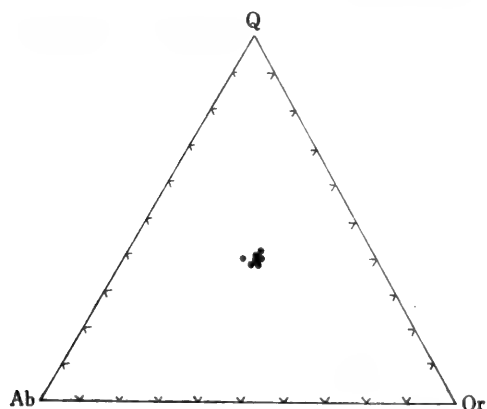


图3—5 Ab—Or—Q—H₂O相图

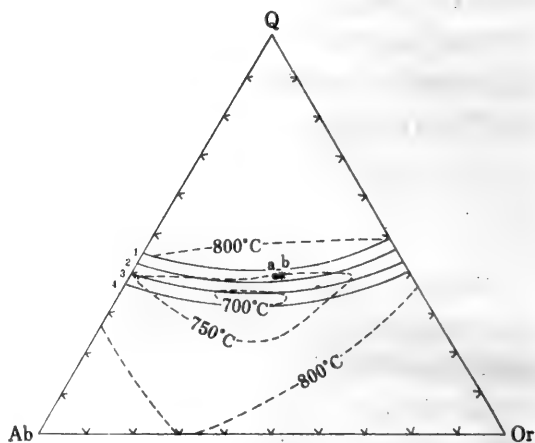


图3—6 岩石平均化学成分的Ab—Or—Q—H₂O图解

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| a. 花岗闪长岩 | b. 花岗岩 |
| 1. PH ₂ O=500巴 | 2. PH ₂ O=1000巴 |
| 3. PH ₂ O=2000巴 | 4. PH ₂ O=3000巴 |

四、岩石化学

从岩石化学分析结果(表3—3) (1) (2), 可以看出, 不同时代(即海西期与印支期)的岩石化学差别显著; 而同一期的岩石, 尽管岩石结构不同, 其化学成分却基本相同。例如海西期花岗闪长岩类, 5个岩石样品的化学成分不仅相同, 而且和西藏南部花岗闪长岩类也比较接近; 印支期花岗岩, 两个不同岩性的岩石化学成分非常近似, 与西藏南部同类型的岩石化学成分也相似, 而且和华南花岗岩类平均化学成分相近, 比中国和世界花岗岩类平均化学成分(据R. A. 戴里1933年)都偏酸性。

根据TiO₂-Al₂O₃关系, 岩浆成因的花岗岩类, 其Ti与Al=成分间没有线性相关关系*, 而交代成因的花岗岩类则有。从临沧花岗岩类的Ti—Al关系图(图3—7), 可以看出Ti与Al之间没有线性相关关系, 这说明临沧岩体是属于岩浆成因的。

* 据杨蔚华(1978年)资料。

表3—3 临沧岩体不同时代及岩性的岩石化学成分与各种平均成分的比较 (%) 表

时 代 及 岩 性	序 号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	H ₂ O ⁺	总 计
海西期中粗粒斑状花岗岩长岩	1	68.64	0.68	15.39	0.81	3.58	0.12	2.25	1.38	3.95	2.60	0.19	0.13	0.42	100.14
海西期中粒花岗岩长岩	2	68.12	0.57	15.11	0.56	3.48	0.11	2.57	1.01	4.07	2.64	0.16	0.22	0.84	99.46
海西期中粒花岗岩长岩	3	66.52	0.68	14.96	0.65	4.23	0.12	3.10	1.59	3.26	2.79	0.11	0.15	0.84	99.00
海西期细粒花岗岩长岩	4	66.60	0.68	14.96	0.59	4.11	0.10	3.10	1.52	3.88	2.44	0.19	0.13	0.75	99.05
海西期片麻状花岗岩长岩	5	66.84	0.71	14.63	0.40	4.50	0.13	2.67	1.81	3.99	2.41	0.25	0.26	0.42	99.02
平 均		67.34	0.66	15.01	0.60	3.98	0.12	2.74	1.46	3.83	2.58	0.18	0.18	0.65	99.33
印支期中粗粒斑状黑云母花岗岩	6	72.48	0.31	13.98	0.38	1.89	0.06	2.25	0.43	4.31	2.49	0.07	0.17	0.34	99.16
印支期不等粒黑云母花岗岩	7	73.28	0.30	13.77	0.28	1.87	0.08	2.25	0.14	4.47	3.01	0.07	0.25	0.44	100.21
平 均		72.88	0.31	13.86	0.33	1.88	0.07	2.25	0.29	4.39	2.75	0.07	0.21	0.39	99.69
西藏南部花岗岩长岩		66.78	0.48	14.61	2.16	2.48	0.06	3.60	1.33	3.20	3.18	0.11	0.51	1.04	98.71
西藏南部斑状黑云母花岗岩		70.56	0.33	14.29	1.32	1.74	0.06	2.22	0.62	4.56	3.20	0.13		0.69*	99.29
戴里花岗岩类平均值		70.18	0.39	14.47	1.57	1.78	0.12	1.99	0.88	4.11	3.48	0.19		0.84*	100.00
华南花岗岩类平均值		72.05	0.28	13.72	0.98	1.96	0.08	1.38	0.66	4.54	3.22	0.12	0.96*	0.70	99.95
中国花岗岩类平均值		70.40	0.31	14.48	1.38	1.77	0.08	1.93	0.94	3.79	3.77	0.18		0.65*	

*灼减量

分析者: 李逊荣

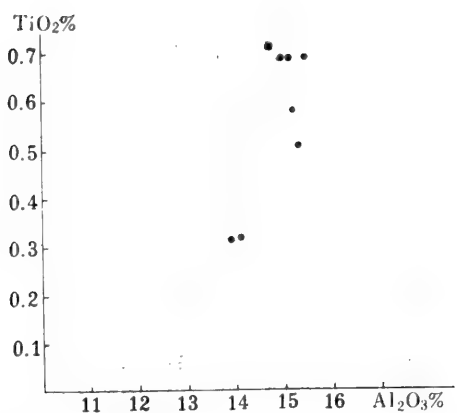


图3—7花岗岩类中TiO₂—Al₂O₃关系图

五、物质来源

根据临沧岩体中花岗闪长岩和花岗岩的产状、侵入时代、岩性特征、造岩矿物和副矿物组成等，分别与西藏南部冈底斯岩带中I型和S型花岗岩类对比，它们十分近似(3)。在冈底斯岩带中I型花岗岩(中酸性的花岗岩)， $Sr^{87}/Sr^{88} = 0.70341 \sim 0.70631$ 。S型的花岗岩(酸性花岗岩) $Sr^{87}/Sr^{88} = 0.71399 \sim 0.72883$ 。根据邻区研究结果，对临沧岩体中花岗岩类的类型和物质来源，我们初步认为，中酸性花

岗闪长岩中的斑状花岗闪长岩、中粒花岗闪长岩和细粒花岗闪长岩可能相当于I型，其物质可能来自下地壳；而酸性的斑状黑云母花岗岩和不等粒黑云母花岗岩可能相当于S型，其物质来自上地壳，属部分熔融的产物。

野外工作得到云南地质局区调队的支持与帮助；洪礼文同志协助完成岩石化学计算工作，在此一并致以诚挚谢意。

参考文献

- [1] 中国科学院贵阳地球化学研究所：《华南花岗岩类的地球化学》1979，212—213页，科学出版社。
- [2] 王中刚等：《地球化学》1(1981)，19—25页。
- [3] 涂光炽等：《地球化学》1(1981)，1—7页。
- [4] 王俊文等：《地球化学》3(1981)，242—246页。

A PRELIMINARY STUDY ON THE LINCANG ROCK IN THE SOUTH-ERN TRANSVERSE MOUNTAINS, YUNNAN PROVINCE, CHINA

Xie Yingwen, Zhang Yuquan and Hu Guoxiang

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica)

Abstract

Intruded into the metamorphic rocks of preordovician Lancangjiang Group, the Lincang rock body is the largest in the Lancangjiang belt. The body extends in NNW and consists of granodiorites and granites. Field observation showed the granodiorites are intruded by the granites, indicating the Lincang body is a large multi-emplaced body.

The early intruded granodiorites have an age range of 244-216 m.y., most of which are in the lower range side, related probably to the influence of dynamic metamorphism of biotites. Thus the granodiorites should be the

products of late Hercynian magmatism. The plagioclases of the granodiorites have An 31-35, corresponding to andesine. The rocks are rich in zircon and apatites, but poor in sphene and allanites.

The late intruded acidic granites have an age range of 191-199m.y., belonging to Indosinian period. The composition of the granites tends to be acid, and is close to those of K-feldspar granites in Xizang. Their plagioclases have An 14-24, corresponding to oligoclase. For accessory minerals, they are rich in sphene and allanites, but poor in apatite and zircons.

The Ab-Or-Q-H₂O and TiO-Al₂O₃ diagrams for the Lincang body indicate that the rocks originated from magmatism, and formed at temperatures from 700° to 750° C and pressure about 1 kb.

Based on the available data, the early intruded rocks are considered to be I-type, and the late intruded rocks to be S-type.

4. 横断山脉南段花岗岩类重结晶作用初步研究

张玉泉 谢应雯 胡国相

(中国科学院地球化学研究所)

横断山脉南段花岗岩类出现重结晶现象的,有金沙江—红河岩带中哀牢山岩体、元江西青水河岩体,澜沧江岩带中仰头崖、凤庆和癞痢头山等岩体,怒江岩带中黄草坝、黑石山、邦棍尖山和双拉娃等岩体,特点是岩石具片麻状构造。对这部分岩体的成因,看法不一,如哀牢山和凤庆岩体,在1:20万和1:50万地质图中是花岗岩,而黄草坝和黑石山等岩体是副变质岩。又如新编的1:50万地质图*,把邦棍尖山岩体划归副变质岩,而在老的地质图中划为花岗岩。根据野外和室内工作的初步结果,说明上述具片麻状构造的岩石,具有岩浆花岗岩类的特点,岩体内的片麻状构造,是在岩体形成之后,在热动力作用之下重结晶的结果。

一、岩体产状

(一) 哀牢山岩体

哀牢山岩体分布在哀牢山山脊及其两侧,侵入前泥盆系变质砂岩和片岩中,早期侵入的是片麻状中粗粒斑状黑云母花岗岩,晚期侵入的是片麻状中粒黑云母花岗岩和片麻状细粒二云母花岗岩。前者规模大,呈岩基产出,也是岩体的主体部分,后者规模小,呈岩株,最晚侵入的是中粗粒二云母花岗岩。上述具片麻状构造的岩体,除和围岩是侵入接触关系外,岩体内部不同岩性之间也是侵入接触关系,如大平台到金平县公路标437公里、三道班100°方向100米处可见。

(二) 凤庆和癞痢头山岩体

凤庆岩体分布在凤庆一带,呈北西方向延伸,其走向和区域构造线方向大体一致;癞痢头山岩体分布在昌宁县北薨坝地以北和癞痢头山一带,它侵入在古生界的变质岩系中,岩性主要是片麻状中粒花岗闪长岩。

(三) 黄草坝岩体

黄草坝岩体分布在黄草坝及以东地段,岩性有片麻状斑状黑云母花岗岩和片麻状二云母花岗岩等,其围岩是古生界变质砂岩和板岩等。

(四) 黑石山岩体

黑石山岩体出露在瑞丽北公路标374.7公里及以北地段,岩性是片麻状斑状黑云母花岗岩,岩体内有较多的捕虏体,围岩是古生界的变质砂岩、片岩等。

(五) 邦棍尖山岩体

*: 据云南区调队(1981)资料。

邦棍尖山岩体分布在陇川西北邦棍尖山一带，岩体走向呈北东方向延伸。其主体岩石是斑状黑云母花岗岩，岩相发育较好，内部相是中粗粒似斑状结构，外部相是中细粒似斑状结构的岩石。其内部有不同成分和各种形状的捕虏体。其次是中粒和中细粒黑云母花岗岩。

(六) 双拉娃岩体

双拉娃岩体出露在贡山县西双拉娃村以东地段，岩性是片麻状斑状黑云母花岗岩，岩体内部有较多的捕虏体，其围岩是古生界的浅变质岩。

二、岩石的矿物成分

出现重结晶的岩石，有花岗岩和花岗闪长岩，岩石有等粒和似斑状结构两种。一般都有片麻状构造，造岩矿物，由于重结晶程度的差异，其特点也有所不同。

(一) 造岩矿物

主要造岩矿物由斜长石、钾长石、石英和黑云母等组成，有的岩体中有角闪石或白云母，特点大致有两种情况。

(1) 重结晶程度高的，早期岩浆阶段结晶的造岩矿物多产生弯曲、破裂、破碎和被融蚀现象，并呈现波状消光。重结晶的造岩矿物晶体小，多沿定向裂隙和微裂隙充填，有的充填X微裂隙。其中黑云母大小 $0.00\mu\sim 0.0\mu$ 毫米，内部副矿物包体少，多色性弱，干涉色低，并呈集合体堆积和向周围扩散充填裂隙，如照片版4和5。

(2) 重结晶程度低的，造岩矿物基本上都是岩浆阶段结晶的，弯曲、破裂和呈现波状消光，重结晶的部分，只有黑云母比较明显，表现在岩浆阶段结晶的黑云母中有铁质析出，和开始出现重结晶的黑云母。在这类岩石中有时也可以看到重结晶的长石和石英。另外，标准矿物含量和分异指数，皆与没有重结晶的同类岩石相似（如表4—1）。

(二) 副矿物

人工重砂初步鉴定结果，几个岩体中副矿物种类基本相似。主要的有磁铁矿、钛铁矿、榍石、褐帘石、磷灰石和锆石等。其中磷灰石和锆石、晶形较自形，并以短柱状为主，这和副变质岩中磷灰石和锆石呈细长柱状的显然不同。此外，在副变质岩中锆石磨圆的现象常见，即使是混合岩化程度很深的变质岩中，经过搬运磨圆的锆石也是大量存在。

三、岩石化学特征

岩石化学分析结果（如表4—2），表明不同岩带中重结晶的花岗岩或花岗闪长岩，岩石化学成分基本相同，而和没有重结晶的同类岩石化学成分也十分近似。其中双拉娃和邦棍尖山岩体，岩石化学成分接近花岗闪长岩。

根据 $TiO_2-Al_2O_3$ 关系，在非岩浆成因的岩石，两者有一定的线型关系，而岩浆成因的，Al与Ti没有相关关系*，投影点比较分散（如图4—1），显示岩浆成因的特征。

* 据杨蔚华（1978）资料。

表4—1 重结晶和没有重结晶花岗岩类中标准矿物含量和分异指数表

序号	岩体名称	岩 石 名 称	Or	Ab	An	Q	分异指数
1	哀牢山	片麻状斑状黑云母花岗岩	20.44	33.15	9.90	26.67	80
2	黄草坝		26.88	23.26	5.83	35.74	86
3	黄草坝		25.99	25.79	5.98	33.60	85
4	黑石山		31.13	21.40	10.94	29.47	82
5	双拉娃		32.26	27.91	9.24	16.42	77
6	邦 棍	斑状黑云母花岗岩**	31.49	25.88	11.57	21.06	78
7	古 永	斑状黑云母花岗岩*	28.47	27.15	4.11	30.49	86
8	昌 宁	片麻状花岗闪长岩	23.23	23.34	14.75	24.33	71
9	凤 庆	片麻状花岗闪长岩	18.20	19.62	15.92	28.44	66
10	临 沧	中粒花岗闪长岩*	19.26	23.60	14.66	26.26	69

*没有重结晶的花岗岩类 **重结晶程度低的花岗岩

从Ab—Or—Q—H₂O相图（如图4—2），投影点靠近在三相最低共结点附近，也说明是岩浆的花岗岩（1）。在岩石化学成分的Ab—Or—Q—H₂O图解中（如图4—3），可以看出，此类岩石形成的温度大致在700—750℃。这和西藏南部冈底斯岩带中花岗岩和花岗闪长岩的熔化实验的温度相近（2）。以上现象说明重结晶花岗岩类是岩浆成因，而重结晶的过程，只是岩石结构构造、矿物和矿物成分的变化，总的岩石化学成分未有改变。

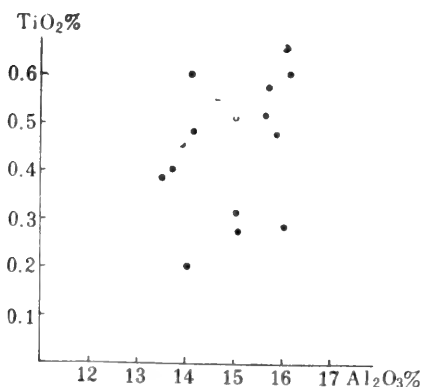


图4—1重结晶花岗岩类中TiO₂—Al₂O₃关系图

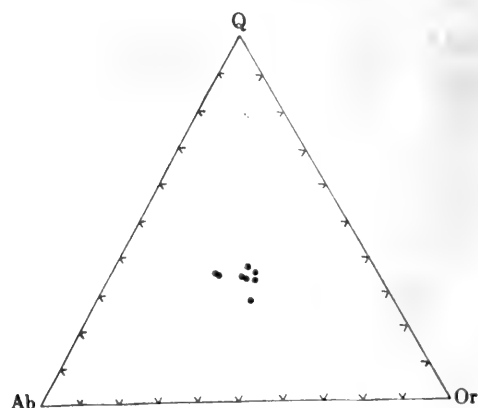


图4—2重结晶花岗岩类Ab—Or—Q—H₂O相图

重结晶花岗岩类岩石化学成分表

表4—2

序号	岩体名称	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	总计
1	袁牵山	片麻状斑状黑云母花岗岩	69.20	0.48	14.09	1.73	2.36	0.10	2.14	0.80	0.11	3.46	3.92	0.22	0.60	99.21
2	黄草坝	片麻状斑状黑云母花岗岩	72.48	0.38	13.44	0.80	2.54	0.12	1.39	0.07	0.14	4.40	3.05	0.04	0.51	99.36
3	黄草坝	片麻状斑状黑云母花岗岩	73.20	0.40	13.66	0.64	2.26	0.07	1.28	0.10	0.08	4.55	2.75	0.05	0.21	99.25
4	黑石山	片麻状斑状黑云母花岗岩	71.04	0.46	13.98	0.22	2.66	0.10	2.35	0.07	0.11	5.27	2.53	0.03	0.44	99.26
5	双拉娃	片麻状斑状黑云母花岗岩	64.72	0.60	16.04	0.84	3.56	0.11	2.14	1.30	0.21	5.46	3.30	0.09	1.02	99.39
6	邦 棍	斑状黑云母花岗岩**	67.36	0.48	15.83	0.48	3.32	0.11	2.25	0.65	0.18	5.35	2.87	0.04	0.49	99.41
7	邦 棍	斑状黑云母花岗岩**	66.68	0.51	15.61	0.80	3.38	0.11	2.57	0.25	0.18	5.33	3.06	0.04	0.41	99.09
8	邦 棍	中粒黑云母花岗岩**	70.24	0.40	14.42	1.18	1.96	0.10	2.78	0.36	0.08	3.49	3.70	0.04	0.32	99.07
9	盈 江	斑状黑云母花岗岩**	68.16	0.57	14.31	1.58	3.01	0.14	3.32	0.65	0.13	3.68	3.32	0.05	0.38	99.21
10	盈 江	斑状黑云母花岗岩**	65.04	0.65	16.15	0.58	4.18	0.13	4.06	1.01	0.18	3.33	3.61	0.04	0.34	99.30
11	古 永	斑状黑云母花岗岩*	72.00	0.40	12.90	0.87	2.11	0.12	1.82	0.36	0.14	4.82	3.21	0.05	0.57	99.37
12	凤 庆	片麻状花岗岩闪长岩	67.24	0.55	14.63	0.33	3.54	0.10	3.21	1.96	0.18	3.94	2.76	0.08	0.69	99.21
13	昌 宁	片麻状花岗岩闪长岩	66.88	0.60	14.09	1.08	3.79	0.12	3.42	2.61	0.16	3.08	2.32	0.09	0.88	99.12
14	临 沧	片麻状花岗岩闪长岩	66.28	0.51	14.96	0.56	2.35	0.12	3.21	1.96	0.14	4.39	2.74	0.08	1.06	99.51
15	临 沧	中粒花岗岩闪长岩*	66.52	0.68	14.96	0.65	4.23	0.12	3.10	1.59	0.11	3.26	2.79	0.15	0.84	99.00

* 没有重结晶的花岗岩 ** 重结晶程度低的花岗岩类

分析者: 李迎春

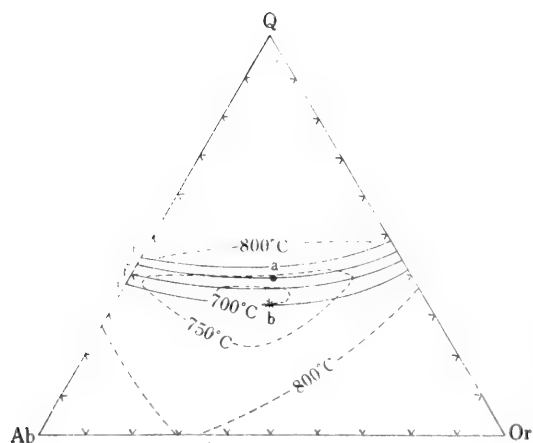


图4—3 重结晶花岗岩类平均化学成分的Ab—Or—Q—H₂O图解

a. 花岗闪长岩 b. 花岗岩 1. PH₂O=500巴 2. PH₂O=1000巴
3. PH₂O=200巴 4. PH₂O=3000巴

四、岩石重结晶作用

引起花岗岩类重结晶的因素是多方面的。从这里研究的对象来看，在空间上具有区域性，而且多处在早期构造活动带内及其附近，范围由几公里到上百公里。岩性既有酸性的花岗岩，又有中酸性的花岗闪长岩等。重结晶的特点，又显示以热动力作用为主，表现在早期岩浆阶段结晶的造岩矿物出现弯曲、破裂、破碎和被融蚀的现象，以及呈现波状消光，并伴随有重结晶的造岩矿物充填定向微裂隙。有的充填X裂隙，说明花岗岩类重结晶是在热动力作用之下，特别是在剪切力的作用下，产生局部熔融再结晶，条件可能是在固、液态下进行的。

五、重结晶时间

有重结现象的花岗岩类，共测定了9个黑云母K—Ar年龄（如表4—3）。可以看出，由于花岗岩类重结晶的程度不同，所以年龄值也不一致，总的看来，大致有两种情况。

（一）重结晶程度高的

重结晶的黑云母年龄，范围30—20百万年，属于喜马拉雅期，相当渐新世到中新世。这和西藏南部两个大陆板块（印度次大陆板块和欧亚大陆板块）碰撞中期，花岗岩类出现重结晶的时间30—20百万年完全一致〔3〕。

（二）重结晶程度低的

黑云母年龄变化范围大，54—32百万年，所测定年龄的黑云母，基本上都是岩浆阶段结晶的黑云母（重结晶的黑云母量极少）。这类云母受热动力作用的现象明显，多呈现

表4—3

重结晶和没有重结晶花岗岩类中黑云母K—Ar年龄表

序 号	岩体名称	岩 石 名 称	矿 物	年龄 (百万年)
1	哀牢山	片麻状斑状黑云母花岗岩	黑云母	35.5 ± 0.6
2	黄草坝	片麻状斑状黑云母花岗岩	黑云母	30.3 ± 0.5
3	黄草坝	片麻状斑状黑云母花岗岩	黑云母	29.5 ± 0.5
4	黑石山	片麻状斑状黑云母花岗岩	黑云母	25.7 ± 0.6
5	双拉娃	片麻状斑状黑云母花岗岩	黑云母	15.5 ± 0.4
6	平 河	片麻状斑状花岗岩闪长岩**	黑云母	41.6 ± 0.7
7	邦 棍	斑状黑云母花岗岩**	黑云母	36.8 ± 0.7
8	邦 棍	中粒黑云母花岗岩**	黑云母	32 ± 0.6
9	华 水	含斑黑云母花岗岩**	黑云母	53.9 ± 1
10	个 旧	斑状黑云母花岗岩*	黑云母	84 ± 1
11	古 永	中粒斑状黑云母花岗岩*	黑云母	74 ± 1
12	古 永	黑云母花岗岩*	黑云母	112 ± 1
13	勐 连	黑云母花岗岩*	黑云母	99 ± 1

*没有重结晶的花岗岩 **重结晶程度低的花岗岩类

弯曲、破裂和有铁质物析出,以及显示波状消光等。这些现象的存在,是否会导致云母中Ar有不同程度的丢失,而使年龄值不一致。其中亦有部分年龄值接近重结晶时间,而大部分年龄值是介于岩体侵入时间(燕山期)和重结晶时间之间。所以这部分年龄,在地质上意义不大,只能反映岩体形成后受过热动力作用的信息。

六、结 论

(1) 根据重结晶花岗岩类的岩石结构构造,矿物和矿物结构的特征,以及岩体所处的构造部位,结合重结晶的时间30—20百万年等,和西藏南部花岗岩类的岩体重结晶的条件是一致的。如沿雅鲁藏布江一带(是印度洋板块和欧亚大陆板块古缝合带)和拉轨岗日山脉地区(是印度次大陆板块和欧亚大陆板块碰撞挤压带)等。花岗岩类重结晶是印度次大陆板块与欧亚大陆板块碰撞阶段的中期(30—20百万年)产生的。而横断山脉地区和西藏南部毗邻,又同处在印度次大陆板块与欧亚大陆板块碰撞挤压带内。因此,横断山脉南段花岗岩类的重结晶作用,也是上述两个大陆板块碰撞中期而产生的。

(2) 花岗岩类重结晶作用的研究,对片麻状花岗岩类的成因,是副变质岩,还是正变质岩,可以从造岩矿物、副矿物和同位素地质等特点得到证实。同时,还可以帮助恢复岩浆活动历史。此外,对片麻状花岗岩类本身的片麻状构造,是同生的还是后生的,可以进一步区分。从研究的这个地区来看,包括西藏南部片麻状花岗岩在内,岩体内的片

麻状构造都是后生的。所以说它是后生的,因为构成片麻状构造的暗色矿物,是沿定向裂隙分布的,说明片麻状构造是在岩体固结之后,在动力作用下产生定向裂隙和充填重结晶的矿物而成,

另外,关于花岗岩类的形成,常常与一定的构造作用有关,而后期的构造作用使早期构造活动带内形成的花岗岩类产生重结晶,这种反复的作用过程,对区域构造活动历史的研究,以及对板块构造的研究,可能有一定的作用。

野外考察期间得到云南省地质局,云南冶金勘探公司等有关队给予大力支持和帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- (1) 王中刚等:《西藏南部花岗岩类的岩石化学研究》,《地球化学》1(1981), 19—25页。
- (2) 李统锦等:《西藏南部花岗岩类熔化实验的初步研究》,于《地球化学》3(1981), 261—267页。
- (3) 张玉泉等:《西藏花岗岩类中重结晶的黑云母与板块碰撞的关系》,《地球化学》1(1982), 90—95页。

A PRELIMINARY STUDY ON RECRYSTALLIZATION OF GRANITOIDS IN SOUTHERN HENGDUAN MOUNTAINS

Zhang Yuquan Xie Yingwen Hu Guoxiang
(Institute of Geochemistry, Academia Sinica)

Abstract

Granitoid recrystallization phenomena are commonly observed in the Ailaoshan Pluton in the Jinshajiang-Honghe belt, the Lailitoushan Pluton in the Lancangjiang belt, and the Huangcaoba, Heishishan and Shuanglawa Plutons in the Nujiang belt, ranging petrographically from granodiorite to porphyritic biotite-granite. The above mentioned plutons all display gneissose structures. Additionally, the rock-forming minerals display distortion and fragmentation as well as undulatory extinction. The recrystallized minerals are characterized by their small size and filling in the orientational microfractures. However, the contents and differential indices of normative minerals, and the characteristic accessory minerals and chemical composition are similar in granitoid rocks with and without recrystallization.

According to Ab-Or-Q-H₂O diagram, gneissose gneisses and granodiorites are of magmatic origin with the formation temperature ranging from 700 to 750°C. Therefore, studies on the recrystallization of granitoids are of crucial importance to the investigation into the origin of granitoids in special reference to the tectonic activity in the Hengduan Mt. region.

5. 横断山脉南段花岗岩类钾—氩年龄

张玉泉 戴撞谟 谢应雯 胡国相*

(中国科学院地球化学研究所)

一、概 况

1981年考察区是在滇西和滇西北。在这一范围内我们着重对金沙江—红河、澜沧江和怒江三条岩带(如图5—1),在空间上的分布、规模和岩石类型等进行了考察。考察期间,结合花岗岩类的工作,在同位素年代学方面进行了比较系统的取样。因为年代学工作不仅为各岩带形成时间和演化历史提供资料,同时还可以帮助我们了解成岩后经受热动力作用的时间,这对该区构造历史的研究,也是很重要的依据。由于室内研究工作刚刚开始,同位素年代学的样品还在分选中,目前只测定了23个黑云母钾—氩年龄。其中5个是金沙江—红河岩带,6个是澜沧江岩带,其余是怒江岩带。

(一) 金沙江—红河岩带

沿金沙江—红河及其两侧分布,由南到北,岩带由北西转为北北西方向延伸,组成此带岩体,规模相对较小,但岩性种类较多,如中性的闪长岩、中酸性的花岗闪长岩,酸性的斑状黑云母花岗岩、黑云母花岗岩和二云母花岗岩,碱性的霞石正长岩、正长岩、斑状角闪石正长岩、辉石正长岩,云母石英正长斑岩和石英正长斑岩等。其中不同类型的碱性花岗岩类,也是此岩带的主体部分,岩体规模虽小,但出露范围较广。另外,哀牢山花岗岩大多有片麻状构造。

(二) 澜沧江岩带

主体部分沿澜沧江及其两侧分布,呈北北西方向延伸,组成此带的岩体,规模大。如临沧岩体,长300多公里,宽15—60公里。岩性有中酸性的粗粒斑状花岗闪长岩、中粒花岗闪长岩和细粒花岗闪长岩,酸性的有中粗粒斑状黑云母花岗岩和不等粒黑云母花岗岩等。其中花岗闪长岩,有一部分具片麻状构造,如景洪西和凤庆等地。

(三) 怒江岩带

组成此带的岩体,多出露在怒江以西地区,主要是酸性的侵入体。岩性有中粗粒斑状黑云母花岗岩、含斑黑云母花岗岩、黑云母花岗岩、二云母花岗岩和电气石白云母花岗岩等,中酸性的花岗闪长岩出露的不多。另外,在斑状黑云母花岗岩中,有一部分岩体具片麻状构造,如黄草坝和黑石山岩体等。

*参加室内工作有洪同实、张前峰、蒲志平和藏西梅等

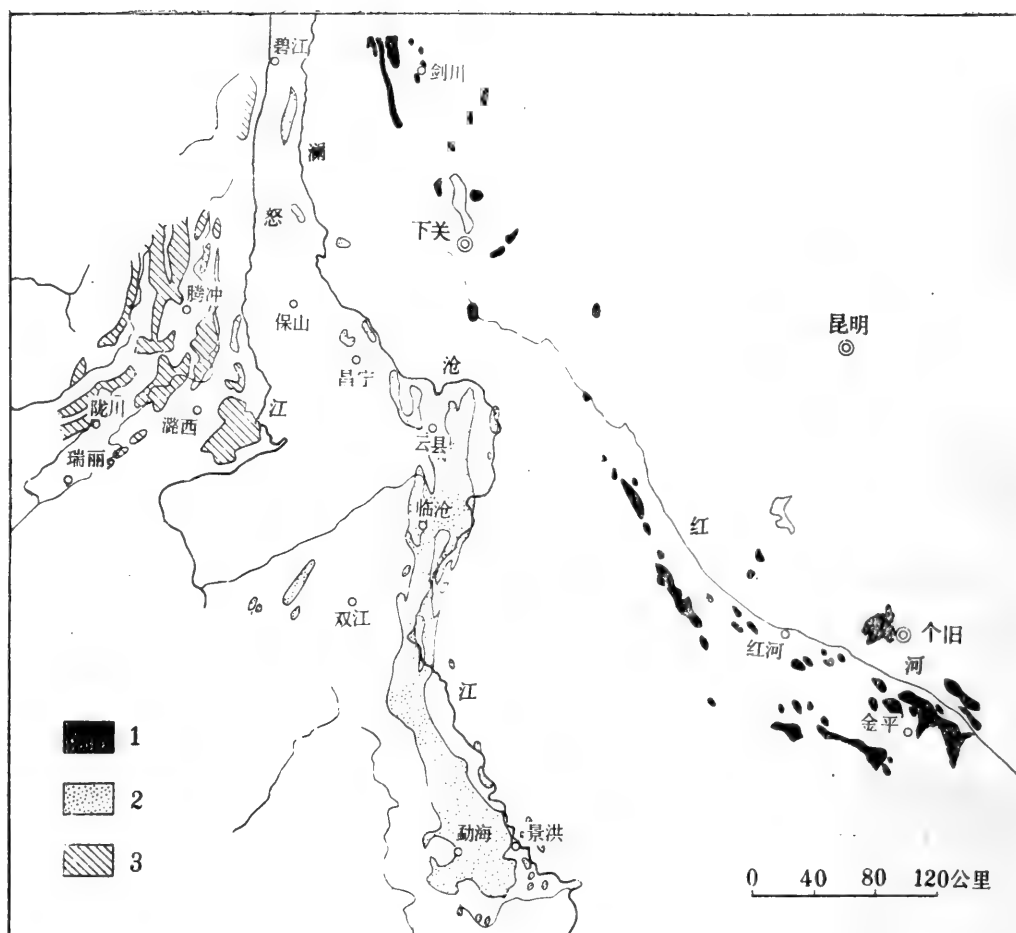


图5—1 横断山脉南段花岗岩类带状分布

1.金沙江—红河岩带 2.澜沧江岩带 3.怒江岩带

二、结果和讨论

横断山脉南段三条岩带部分花岗岩类岩体中云母同位素地质年龄测定结果,如表5—1所示。对测定年龄的黑云母,在富集之后,再经双目镜挑选,纯度高,十分新鲜。如何对本区黑云母年龄进行地质解释?从岩石薄片鉴定结果看有三种情况,现分述如下。

(一) 黑云母与年龄值关系

(1) 属于岩浆阶段结晶的黑云母,没有受到后期的热事件和热动力事件的影响,这类黑云母是板状,晶体大,大小与它所属岩石粒度相对应。如中粗粒结构的岩石,黑云母一般是1—3毫米,多色性强,干涉色高,平行消光,晶体内部副矿物包体多,在锆石等矿物周围常出现晕圈。这类黑云母测定的年龄,是黑云母结晶年龄,基本上是代表岩体侵入时间,所以也是岩体结晶年龄。属于这一类年龄,在这次测定的黑云母年龄中

表5—1

横断山脉南段花岗岩类同位素地质年龄数据表

岩带名称	序号	岩石名称	岩体名称	矿物	K%	Ar ⁴⁰	*Ar ⁴⁰	Ar ⁴⁰ /k ⁴⁰	年龄 (百万年)
金沙江—红河岩带	1	斑状黑云母花岗岩	个旧	黑云母	7.05	5.01357	4.74322	4.49820	84±1
	2	片麻状斑状黑云母花岗岩	哀牢山	黑云母	7.456	1.66803	1.55852	2.08466	35.5±0.6*
	3	二云母花岗岩	哀牢山	白云母	8.312	1.62176	1.27216	1.62742	27.8±0.4
	4	角闪石正长岩	铜厂	黑云母	7.592	1.38889	1.20982	2.16159	36.8±0.7
	5	正长斑岩	甸南	黑云母	7.304	2.21063	1.94107	2.15594	36.7±0.6
澜沧江岩带	6	粗粒斑状花岗闪长岩	临沧	黑云母	7.688	7.77583	7.65861	1.34043	217±3
	7	中粒花岗岩闪长岩	临沧	黑云母	7.06	6.38051	6.25501	1.33714	216±3
	8	细粒花岗岩闪长岩	临沧	黑云母	6.768	11.65986	8.73166	1.38103	223±3
	9	花岗闪长岩	临沧	黑云母	7.59			0.0145	244
	10	斑状黑云母花岗岩	临沧	黑云母	6.94	6.60042	6.48371	1.01177	192±3
	11	不等粒黑云母花岗岩	临沧	黑云母	6.45	8.23506	8.10377	1.22369	199±3

续表

岩带名称	序号	岩石名称	岩体名称	矿物	K%	Ar ⁴⁰	*Ar ⁴⁰	Ar ⁴⁰ /K ⁴⁰	年龄 (百万年)
怒江岩带	12	斑状黑云母花岗岩	古永	黑云母	6.85	3.01081	2.87146	4.38903	74±1
	13	黑云母花岗岩	古永	黑云母	7.14	5.62687	5.46332	6.72883	112±1
	14	二云母花岗岩	平河	黑云母	7.256	2.00728	1.87864	2.73634	46±0.8
	15	角闪石黑云母花岗岩	平河	黑云母	7.408	1.42810	1.41429	3.01723	456±7
	16	斑状花岗闪长岩	平河	黑云母	7.648	1.68287	1.55178	2.44537	41±0.7**
	17	片麻状斑状黑云母花岗岩	黄草坝	黑云母	7.192	3.20946	2.49573	1.78049	30.3±0.5*
怒江岩带	18	片麻状斑状黑云母花岗岩	黄草坝	黑云母	7.544	2.24975	1.73011	1.72671	29.5±0.5*
	19	片麻状斑状黑云母花岗岩	黑石山	黑云母	7.000	1.42477	1.23749	1.50716	25.7±0.6*
	20	片麻状斑状黑云母花岗岩	双拉娃	黑云母	6.901	9.49434	5.32382	9.09726	15.5±0.4*
	21	斑状黑云母花岗岩	邦棍	黑云母	7.05	1.85372	1.72527	2.12529	36.8±0.7**
	22	中粒黑云母花岗岩	邦棍	黑云母	7.76	11.08174	9.61382	1.87822	32±0.6
	23	含斑黑云母花岗岩	华水	黑云母	7.12	1.87558	1.73181	3.18336	53.9±1**

*黑云母重结晶年龄 **动力年龄 (挠动年龄)

有13个。

(2) 岩体形成之后,在热动力作用下,出现重结晶现象。岩浆阶段结晶的黑云母,仅保留残体,大部分黑云母是重结晶的,特点是晶体小,一般是0.0011—0.011毫米不等,并且多呈集合体堆积,和沿定向裂隙充填;有的充填X裂隙,晶体内部很少有副矿物包体,多色性弱,干涉色低。这类黑云母年龄,在横断山脉南段,还是西藏南部,其年龄值多是30—20百万年,说明相邻两个地区花岗岩类重结晶的机制和时间是相同的。所以这部分年龄,基本上是可以反映它重结晶的时间。这次测定的黑云母中有5个,属于重结晶年龄。

(3) 岩体侵入后,经受过热动力作用,造岩矿物还保持岩浆阶段结晶的特点,如黑云母的形态,大小和晶体内部多副矿物包体等;但造岩矿物受到动力的改造,出现弯曲、破裂、破碎和呈现波状消光,在黑云母中还出现铁质析出物。这类黑云母年龄值一般偏低,而且年龄范围变化较大。从薄片鉴定结果来看,黑云母主要是岩浆阶段结晶的,但年龄值普遍年轻化,其原因可能与热动力作用有关。因为黑云母在动力作用下产生变形,会引起气体氩丢失。由于岩体所处的构造部位不同,受到动力作用的程度也有差别,而氩丢失的量也就不一样。因而年龄值年轻化程度各异,得不到一致的年龄。这类黑云母年龄,既不代表岩体侵入时间,又不能代表热动力作用的主要时间,只是反映它所属的岩体,曾经受过热动力作用。对这类年龄,可称动力年龄(挠动年龄),在这次测定的年龄中有3个属于这一范围。

(二) 花岗岩类时代

以上测定年龄的黑云母,尽管都是新鲜的,有的是岩浆阶段结晶的,有的是重结晶的,亦有岩浆阶段结晶的黑云母,虽然未出现重结晶,由于受到后期热动力作用的影响,使云母产生变形,将导致氩丢失。因此,在我们所获得年龄中,只有一部分能够反映岩体侵入时间。根据表5—1年龄,结合岩体产状,可以看出,花岗岩类侵入活动有五期:

第一期岩浆侵入,时代为加里东期,是平河岩体中角闪石黑云母花岗岩,黑云母年龄是456百万年。

第二期岩浆侵入,时代为海西晚期,年龄范围244—216百万年。这次测定的年龄,只有223—216百万年,相当印支期的年龄。由于测定年龄的黑云母,显示有后期动力作用的现象,年龄值有可能偏低。所以,岩体侵入时间,比现在得到的数据还要早些。另外,在过去测定的年龄值中,也有海西晚期。因此,这次测定的年龄值,虽然是属于印支期,但岩浆侵入时间,可能还是在海西晚期。这部分岩性有中粗粒斑状花岗闪长岩、中粒花岗闪长岩和细粒花岗闪长岩等,主要分布在澜沧江岩带。

第三期岩浆侵入,时代为印支期,年龄范围199—191百万年,岩性是临沧岩体中不等粒黑云母花岗岩和斑状黑云母花岗岩等。

第四期岩浆侵入,时代为燕山晚期,年龄范围112—68百万年,岩性有斑状黑云母花岗岩和黑云母花岗岩等,在三条岩带中都有出露,但以怒江岩带中分布广、规模大。

第五期岩浆侵入,时代为喜马拉雅期,年龄范围54—27百万年,岩性有中细粒黑云母花岗、二云母花岗岩、角闪石正长岩、辉石正长岩和石英云母正长斑岩等,主要分布在怒江和金沙江—红河岩带中。

(三) 岩带时代

(1) 金沙江—红河岩带, 从出露的不同岩性、范围和现有的年龄值来看, 岩浆侵入活动, 特别是碱性花岗岩类的岩浆侵入活动, 频繁而又广泛, 构成此岩带的主体, 时代为喜马拉雅期, 年龄范围36—33百万年, 相当渐新世。其次是酸性的花岗岩, 以燕山晚期为主, 有的个别岩体侵入时间, 可能还要早些。

(2) 澜沧江岩带, 对组成岩带主体部分的不同类型岩石, 黑云母年龄范围244—191百万年, 属于海西晚期到印支期。

(3) 怒江岩带, 除个别岩体侵入时间较早外, 大部分岩体侵入时间是在燕山晚期到喜马拉雅早期, 年龄范围112—54百万年, 相当白垩纪到早第三纪。

根据以上花岗岩类时空分布, 结合花岗岩类的类型, 元素地球化学等特点, 初步认为: 金沙江—红河岩带形成, 特别是岩带中主体, 如碱性花岗岩类的形成, 可能与第三纪产生的金沙江—红河大陆裂谷有关; 澜沧江岩带, 具有消减带附近花岗岩类的特点, 所以它的形成, 可能与海西晚期到印支期出现板块俯冲有关; 怒江岩带形成, 可能与燕山晚期到喜马拉雅早期出现板块俯冲和板块碰撞有关。

另外, 从动力年龄和重结晶年龄的出现, 说明横断山脉南段花岗岩类形成之后, 继续受到热动力作用的影响, 特别是大陆板块碰撞作用的影响, 导致花岗岩类中造岩矿物变形和出现重结晶(30—20百万年), 时间相当渐新世到中新世。

野外考察期间得到云南省地质局, 云南冶金勘探公司等有关队的大力支持和帮助, 在此表示感谢。

K-AR DATING OF GRANITOIDS IN SOUTHERN HENGDUAN MOUNTAINS, CHINA

Zhang Yuquan Dai Tongmo Xie Yingwen Hu Guoxiang
(Institute of Geochemistry, Academia Sinica)

Abstract

K-Ar age determination has been made on 23 samples of biotites from granitoids in the three petrographical belts in the southern part of the Hengduan Mountains. Results indicate that magmatic activities responsible for the granitoids in the southern Hengduan Mountains can be divided into five episodes: Caledonian(456m.y.), late Hercynian(244-216m.y.), Indosinian(199-191m.y.), late Yenshanian(112-72m.y.), and Himalayan (54-27m.y.). The formation of Jinshajiang-Honghe belt dates back to 84-27m.y., corresponding to late Yenshanian to Himalayan. The main types of alkali-granities include syenite, porphyritic hornblende syenite, quartz-biotite syenite-porphyry etc. Their isotopic ages are within the range of 36-35m.y., ie. the early Himalayan corresponding to Oligocene. The Lancangjiang belt, ranging from 244 to 191 m.y. in age, belongs to late Hercynian to Indosinian. The Nujiang belt ranges from 112 to 46 m.y. in age, belonging to late

Yenshanian to early Himalayan.

Additionally, some K-Ar biotite ages (ranging from 30 to 20 m.y.) are believed to represent the time of thermal events. And some other K-Ar biotite ages (from 54 to 36 m.y.) represent the dynamic ages (disturbance ages), indicating that the granitic bodies have been disturbed by thermodynamic events after their formation. This set of ages is, therefore, of no geological significance.

6. 滇西宝塔期头足类动物群特征兼论“蒲缥层”

陈 挺 恩

(中国科学院南京地质古生物研究所)

滇西奥陶系,最早为Loczy (1887,1898) 所报道。1908—1910年,Brown对蒲缥、施甸、腊勐和白马的奥陶纪地层作了路线地质调查,采得三叶虫、笔石、腕足、头足类以及棘皮类化石,交Reed (1917) 研究。当时未测制剖面,亦未讨论地层划分问题,仅在论述化石群性质时,以“蒲缥层”(Fauna of the Beds at pu-piao,pu-piao beds, p.62)代表蒲缥北山的奥陶纪地层,“施甸层”表示施甸的奥陶纪地层,“腊勐层”、“白马层”分别代表该两处之地层。瑞德根据笔石*Didymograptus murchisoni*把蒲缥和施甸的上述地层的时代定为早奥陶世晚期Arenigian-Lladeilian 期。

1937年,尹赞勋、路兆治测制了施甸仁和桥半坡村的剖面,正式命名了“施甸层”和其上覆之“浑水塘灰岩”*,代表滇西奥陶系。此后,孙云铸等(1943,1947)在讨论滇西地质时,以“施甸层”和“蒲缥层”代表奥陶系。由于缺剖面资料,也未列化石名单,因此对“蒲缥层”一名众说不一。后人多把蒲缥镇北山的一套紫红色泥岩、泥灰岩和页岩统称“蒲缥组”,实际上这套地层包括了从早奥陶世晚期至晚奥陶世早期的沉积。

盛莘夫(1974)讨论滇西奥陶系时,把上部含三叶虫*Dalmanitina cf. mucronata* (Brong niart) 的紫红色钙质页岩称为上蒲缥组上部;含南京三瘤虫*Nan-Kinolithus nankinensis* Lu和头足类*Sinoceras chinense* (Foord) 的钙质泥岩、泥灰岩称上奥陶统上蒲缥组下部;含笔石*Glyptograptus teretisculus* (Hisinger) 及三叶虫的灰色页岩称中奥陶统下蒲缥组;最下部的灰绿色页岩划归中奥陶统上施甸组及向阳组,并以此代表整个云南西部的奥陶纪沉积。云南地质局则划分为晚奥陶世上蒲缥组、中奥陶世下蒲缥组及早奥陶世施甸组(1978)*¹;上奥陶统湾腰树组、上蒲缥组;中奥陶统下蒲缥组或白马寨组和铜厂组;下奥陶统施甸组(或向阳组)和兵斗组*²。由于滇西奥陶系绝大部分为壳相沉积,上、中、下三统均含丰富的头足类化石,而笔石多见于下统,三叶虫大部分产于下统上部及上统。所以在讨论滇西奥陶系,尤其是有关中奥陶统的划分和对比时,应着重考虑头足类动物群的性质。

我们1974年和1981年先后两次赴滇西考察,观察了丽江、宁蒗、大理、保山、施甸、潞西等地十多个奥陶系剖面,采集了丰富的头足类、三叶虫、笔石、腕足类以及棘皮动

*尹等的“施甸层”有化石依据及剖面描述,应予承认,“浑水塘灰岩”因属跨时代的地层单元,未被采用。

*1. 云南地层表,胡荣民执笔。

*2. 胡荣民1980年,云南省古生物专业委员会第一次学术年会资料汇编。

物化石。本文试图从头足动物群的特征,论述滇西中奥陶统的划分和对比问题,修订“蒲缥组”的定义。

滇西中奥陶世头足类产自丽江当子落、下胖罗,宁蒗泸沽湖西岸、西布河*,保山岩箐,施甸仁和桥和响水凹水库南岸。经鉴定有14属27种: *Michelinoceras elongatum* (Yu), *M. paraelongatum* Chang, *M. huangnigangense* Chang, *M. xuanxianense* Chang, *M. paraxuanxianense* Chen, *M. chaoi* Chang, “*Orthoceras*” *regulare* (Schlotheim), *Sinoceras suni* (Yu), *S. cf. Chinense* (Foord), *Lituites lii* Yu, *L. ningxiangense* Lai, *L. rudum* (Yu), *L. spp.*, *Cyclolituites* sp., *Richardsonoceras simplex* (Billings), *R. astaticum* (Yabe), *R. yongshunense* Lai, *R. spp.*, *Winnipegoceras* sp., *Trocholites yunnanensis* Reed, *T. xianzhenense* Chen et Liu, *T. depressus* (Eichward), *Discoceras* sp., *Eurasiaticoceras eurasiaticum* (Frech), *Eurasiaticoceras E. cf. datianbaense* Chen et Liu, *Eosomichelinoceras huananense* Chen, *Parormoceras cf. Pyriforme* Chen, *Ormoceras* sp., *Orthonybyoceras* sp., *Dideroceras* sp.,

上述头足动物群以米契林角石数量最多,约占头足类化石个体总数的70%左右,尤以当子落和仁和桥两处最丰富,可作为滇西北部和南部两个小区之代表。米氏角石中又以 *Michelinoceras elongatum* 和 *M. paraelongatum* 两种居多,这两个种为湘鄂西、黔北宝塔灰岩常见化石之一,在浙西、陕南、甘肃、新疆以及西藏中奥陶统都有发现,是典型的扬子类型直壳鹦鹉螺。米氏角石的另两种 *M. xuanxianense*, *M. paraxuanxianense* 是甘肃、西藏中奥陶统的常见分子,属于过渡区或西藏—滇西区的类型。前者在湘西北宝塔组及浙西黄泥岗组亦有报道。“*Orthoceras*” *regulare* 是一个世界性分布的种,虽然在属的归宿尚有疑问,但该种的层位十分稳定,分布极广,是我国南方及北美、西北欧、俄罗斯地台中奥陶统壳相地层中的常见分子。

震旦角石属更是我国南方宝塔灰岩的代表性化石,几乎所有中奥陶统壳相地层均有其踪迹,如新疆、西藏(藏南和藏北)、陕西、甘肃、湖北、四川、湖南、贵州、以及安徽、江苏、浙江都以它作为中奥陶统的带化石。相反,在国外至今尚未见报道。因此, *Sinoceras* 是我国南方中奥陶统的地方性化石。

喇叭角石(*Lituites*)形状奇特,极易鉴别,是一个世界性的属,广泛分布于西北欧、北美的中奥陶世地层。在我国主要见于扬子区宝塔灰岩底部或大田坝组。本属层位十分稳定,为划分下、中奥陶统的带化石,整个扬子区均可以喇叭角石的出现作为中奥陶统的开始。最近,在藏北申扎地区亦发现有此属。滇西产有非常丰富的喇叭角石,广泛分布于仁和桥、岩箐等地,给滇西中、下奥陶统的划分和对比提供了重要依据,但在北部小区当子落等剖面尚未发现。

雷家逊角石(*Richardsonoceras*)和轮角石(*Trocholites*)都是北美、欧洲和苏联俄罗斯地台中奥陶世晚期至晚奥陶世早期的常见分子。这两个属亦广泛出现在湘鄂西宝塔灰岩中上部,陕西耀县桃曲坡组、浙西、江西砚瓦山组和三巨山组。陈均远(1974, 1976)曾把扬子区中奥陶统划分为以雷家逊角石为代表的梅江组;以震旦角石为代表的宝塔组

*为云南一区测队段彦学采集。

(狭义的)；和以喇叭角石代表的大田坝组。但是，由于有些地区很难从岩性上把这三组分开。因此我们认为，在岩性易于区别的地点采用上述三分方案是合适的。在岩性难以区分的地区，可沿用广义的宝塔组代表整个中奥陶统壳相地层，又可细分为三个化石组合（或带）：*Lituites*带，*Sinoceras*带和*Richardsonoceras*带。

Eurasiaticoceras, *Eosomichelino**ceras*两属是扬子区和东南区中奥陶世的重要分子，时代分布仅限于宝塔期。这两个属在藏南和藏北同时代地层中也有发现。*Parormoceras*, *Winnipegoceras*是北美、西北欧和澳大利亚的中奥陶世晚期至晚奥陶世沉积中的分子，我国湖北、湖南宝塔灰岩以及浙西硯瓦山灰岩也曾发现。前一个属亦产出于藏南聂拉木及藏北申扎。

上述分析表明，这一头足动物群的时代属中奥陶世宝塔期无疑，并具明显的中国南方直角石动物群的面貌，以飘浮生活方式的米氏角石、震旦角石为代表。反映出当时的沉积环境为稳定的地台型半深水相沉积。但是，除上述总的特征之外，滇西中奥陶世头足类动物群仍具其地方性的特色。第一，米契林角石的含量比在扬子区所占的比例高。第二，震旦角石在本区不但数量较少，而且与典型的模式种*Sinoceras Chinense*(Foord)稍有变异。第三，混生的北方型头足类分子亦较扬子区多，例如含较多的塔飞角石类*Trocholites*, *Eurasiaticoceras*, *Discoceras*肿角石类的*Richardsonoceras*, *Beloitoceras*, *Winnipegoceras*以及珠角石类的*Parormoceras*, *Ormoceras*, *Orthonybyoceras*。第四，除头足类之外，共生化石少见，仅有少量海林檎以及只见于顶部的少量三叶虫。这些特点与西藏，尤其是藏北的头足动物群十分相似，说明滇西与西藏的中奥陶世头足动物群属于同一个生物区系，虽与扬子区相似，但更接近于过渡区的类型。表明中奥陶世时，随着华北古陆的上升，我国南方与西南各地，接受了一次规模较大的海侵，海水普遍较深，使营飘浮生活的直壳鹦鹉螺大量繁衍。部分北美、欧洲类型的属种从西向东逐渐迁移，也就是海水从新疆、西藏、滇西向扬子区、东南区扩伸。

至于盛莘夫(1974)所报道在蒲缥北山“上蒲缥组”下部采到一块*Sinoceras Chinense*(Foord)，笔者及云南区测队谭雪春等曾多次前往该地观测，均未发现，仅在该剖面最上部南京三瘤虫层中找到一层丰富的晚奥陶世早期的头足类化石：*Pleurorthoceras*, *Isorthoceras*等，而不是*Sinoceras chinense*(Foord)。

鉴于上述宝塔期头足类动物群在滇西分布广、层位稳定，与其下含*Dideroceras-pr**otocycloceras*组合及下垂对笔者的施甸组以及其上含南京三瘤虫及晚奥陶世头足类、腕足类之“上蒲缥组”之间界线清楚，古生物的差异明显，具备建组条件。因此，笔者重测了施甸仁和桥半坡村剖面*，以保山岩箐剖面和施甸响水凹水库剖面作辅助剖面，建立半坡村组，代表滇西南部中奥陶世壳相沉积。标准地点在施甸县仁和桥公社半坡村。剖面自上而下简述如下：

上覆地层 蒲缥组紫红色薄至中厚层钙质泥岩夹页岩，风化后呈瘤状或片状(AcJ233-4)，富含三叶虫：*Nileus rugosus* Xia, *Hammatocremis decorsus* Lu, “*Trinodus*” *corrugatus* Chen, *Nankinolithus* sp., *Birmanites* sp., *Zdicella* sp.,

*与原剖面方向改变60°角，由山沟向山脊呈NW340°方向测，与走向直交

Raphioplurus sp., *Teleplina convexa* Lu, *Decoroproetus* sp., *Dindymere orientalis* Zhou, *Sakia superioris* Zhou, *Cyclopyge* sp., *Corrugatanustus jianshanensis* Lu, 头足类: *Michelinoceras* sp., *Isorthoceras* sp., 以及介形类。

中奥陶统 半坡村组上部紫红色薄层钙质泥岩, 风化后呈瘤状 (ACJ233-1, 2) 富含头足类: *Richardsonoceras-Trocholites* 组合。包括: *Richardsonoceras simplex*, *R. yongshunense*, *R. spp.*, *Trocholites yunnanensis*, *T. xianzhenense*, *T. spp.*, *Michelinoceras huangnigangense* M, spp., 三叶虫: *xenecyclopyge* sp., *Cyclopyge* sp., *Zhirovia* sp., *Telephina convexa* Lu, “*Trinodus*” *corrugatus* Chen, *paraceranrus longisulcatus* Lu, *Dionide* sp., *Hammatocnemis* sp., *Dindymene* sp., *Zdicella* sp. 约4米。

中部薄至中层钙质泥岩、泥灰岩, 风化后呈小瘤状。(ADJ23X3, ADJ231-1), 头足类 *Michelinoceras elongatum-Sinoceras* 组合: *Michelinoceras paraelongatum*, *M. xuanxianense*, *M. huangnigangense*, “*Orthoceras*” *regulare*, *Sinoceras cf. chinense*, *S. sunt*, *Trocholites depressus*。约10米。

下部黄绿色夹紫红色中厚层状泥质条带泥灰岩、钙质泥岩, 风化后呈小瘤状, 富含

表 6—1 云南西部奥陶系划分沿革简表

卢衍豪 (1959)		盛莘夫 (1974)		胡荣民 (1976)		本 文		扬子区 (古生物所, 1980)	
O3	上蒲缥页岩	O ₃ ² O ₃ ¹	上蒲缥组上部 Dalmanitina cf. mucronata 上蒲缥组下部 Nankinolithus “Sinoceras”	O3	上蒲缥组	O ₃ ¹	蒲 缥 组 Nankinolithus带	O ₃ ¹	临 湘 组
O2	下蒲缥页岩	O ₂ ²	下蒲缥组 Glyptogr. teretiusculus Pliomerina martelli	O2	下蒲缥组	O2	Richardso- noceras 半 —Trocholites带 坡 M. elongatum 村 —Sinoceras带 组 Lituites —R. asiaticum带	O2	梅江组 “宝塔组” 大田坝组
O2	施甸统上部	O2	上施甸组	O1	施甸组	O1	施甸组 Dideroceras —Protocycloceras 带	O1	牯牛潭组 大湾组

头足类 (ADJ231) : *Lituites-Richardsonoceras asiaticum*(Yabe)组合: 包括 *Lituites lili*, *L. ningkiangensis*, *L. spp.*, *Richardsonoceras asiaticum*(Yabe), *R. spp.*, *Cyclociuites* sp., “*Orthoceras*” *regulare*, *Michelinoceras paraelongatum*, *M. paraxuanxianense*, *M. chaoi*, *M. spp.*, *Ormoceras* sp., *paramoceras* cf., *pyriforme* 以及海林檎化石。厚约 6 米。

——整 合——

下覆地层 下奥陶统施甸组黄绿色薄层泥灰岩, 钙质泥岩。富含 (ADJ230) 头足类: *Dideroceras-protocycloceras*组合; 笔石: *Didymograptus murchisoni* D. cf. *nanus*, *D. acutus*, *D. geminus*等等; 三叶虫: *Neseuretus birmanicus*(Reed), *Ninkianites* sp., *Ampyx* sp., *Atractopyge* sp., *Hammatocnemis* sp., *Iliaenus sinensis* Yabe, 以及大量腕足类化石。厚度大于 30 米。

半坡村组在响水坳水库南岸厚 146.2 米, 在岩筭厚度仅 11.7 米; 同时代地层在丽江当子落厚约 15 米, 在下胖罗约 100 米, 在泸沽湖西岸仅厚 10 米左右。

关于“蒲缥组”一名, 由于: ①原来定义不确切。②现用的“蒲缥组”为垮时代的地层单位, 不符合“组”的含义。③标准地点的“下蒲缥组”中化石较少, 笔石极难发现, 所产的三叶虫大多为垮时代的属种, 使上下界线不易划分。④加上该剖面的“下蒲缥组”内有一北西向小断层(小石桥附近)。所以建议取消“下蒲缥组”一名, 把蒲缥剖面中含南京三瘤虫和腕足类、头足类的一段地层修定为蒲缥组, 时代为晚奥陶世早期, 相当于临湘组或黄泥岗组(见表 6—1),

文内三叶虫化石为周志毅鉴定, 笔石为倪寓南鉴定。参加野外工作的有耿良玉、周志毅、林焕令、穆道成、倪寓南、段彦学、李国华等。

主要参考文献

- 尹赞勋(1937): 《施甸奥陶纪及志留纪化石简述》(英文), 于《中国地质学会志》16卷。
- 、路兆洽(1937): 《云南施甸之奥陶纪及志留纪地层》(英文), 于《中国地质学会志》16卷。
- 孙云铸、司徒穗卿: 1947, 《云南保山地质概要》。于《北京大学地质系研究录》32号。
- 陈均远(1975): 《珠穆朗玛峰地区的鹦鹉螺化石》, 于《珠穆朗玛峰地区科学考察报告》古生物第一分册, 科学出版社。
- (1976): 《中国北方奥陶纪生物地层及头足类化石》, 于《古生物学报》第15卷, 第1期。
- (1980): 《奥陶纪头足类地理区系及古气候、古地理特征》, 于《国际交流地质学术论文集》第4分册, 地层、古生物, 地质出版社。
- 、刘耕武(1974): 《西南地区奥陶纪鹦鹉螺类》, 于《西南地区地层古生物手册》科学出版社。
- 陈挺思(1981a): 《西藏的一些鹦鹉螺化石》《西藏地层古生物丛书》第三分册, 科

学出版社。

—— (1981b)：《西藏奥陶、志留纪头足类生物区系特征，兼论大陆飘移的一些问题》，于《青藏高原科学讨论会论文集》第一册，科学出版社（英文）。

张文堂 (1959)：《中国的奥陶系》，于《第一届全国地层会议论文集》，科学出版社。

张日东 (1957)：《湖北长阳中奥陶纪扬子贝层中的鹦鹉螺化石》，于《古生物学报》第7卷第4期。

—— (1962)：《甘肃环县中奥陶统几种头足类化石》，于《古生物学报》第10卷第4期。

—— (1964)：《砚瓦山石灰岩及宝塔石灰岩中头足类的新材料》，于《古生物学报》第12卷第1期。

俞建章 (1930)：《中国中部奥陶纪头足类化石》（英文），于《中国古生物志》乙种，1号，2册。

赖才根 (1960)：《湖北宜昌、陕西汉中扬子贝层鹦鹉螺化石》，于《古生物学报》第8卷第3期。

—— (1980)：《浙赣地区中晚奥陶世的头足类》于《中国地质科学院院报》地质研究所分刊第1卷，第2号。

——、齐敦伦 (1977)：《湘西北奥陶纪头足类》于《中国地质科学院地层古生物论文集》第三辑，地质出版社。

Flower, R. H. (1943): studies of Paleozoic Nautiloides I*VII, *Bull. Amer. paleont.*, v.28, no. 109, 140p. 5pl.

—— (1952): New Ordovician cephalopods from eastern North America, *Jour. paleont.*, v.26, p.24-59, pl. 5-10

—— (1956): Cephalopods from the Canadian of Maryland, *Ibid.*, v.30, p.75-96, pl. 21-22

Foerste, A. F., 1924, Notes on American paleozoic cephalopods, *Denison Univ. Bull.*, *Jour. Sci. Lab.*, v.20, P.193-268, pl. 21-42

—— (1928): American Arctic and related cephalopods, *Ibid.*, v.23, p.1-110, pl.1-29

—— (1932-1933): Black River and other cephalopods from Minnesota, Wisconsin, Michigan, and Ontario, *Ibid.*, v.27 pt. 1, p. 47-136, pl. 7-37 (1932); v.28, pt.2, p.1-164 (1933)

Reed, F. R. C., 1917, Ordovician and Silurian fossils from Yunnan, *palaeont. Indica*, N.S., 4, (3)

Sweet, W. C., 1958, The Middle Ordovician of the Oslo region, Norway, 10, Nautiloid cephalopods, *Norsk Geol. Tidsskr.*, v.38, no.1, p. 1-178, pl. 1-21

MIDDLE ORDOVICIAN, PAGODA PERIOD CEPHALOPOD
PROVINCIALISM IN WESTERN
YUNAN WITH COMMENTS ON THE "PUPIAO BED"

Chen Tingen

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

(Abstract)

Abundant middle ordovician cephalopods were collected by author from the lower part of the "Pupiao Bed" at Shidian(Shihtien), Baosha, Lijiang, Nilang, Western Yunnan in 1974 and 1981. This fauna composed of 27 species of nautiloids, belonging to 14 genera is represented mainly by orthocerooids, of which *Michelinoceras* is the dominant one, represented by 6 species covering 70 per cent of the total cephalopod specimens.

The genera within this fauna such as *Lituites*, *Cyclolituites*, *Sinoceras*, *Eosomichelinoceras*, *Eurasiaticoceras* etc. are the index fossils of the Middle ordovician of south western China. Besides, the *Richardsonoceras asiaticum* (Yabe), *R. yougshunense* Lai et Tsi *R. simplex* (Billings), *Trocholites yunnanensis* Reed, *T. depressus* (Eichward), *Michelinoceras elongatum* (Yu), *M. paraelongatum* Chang, *M. xuanxianense*, *M. paraxuanxianense* Chen, "*Orthoceras*" *regulare* Schlotheim, etc. are mainly restricted to the Pagoda Formation of Yangtze region. Stratigraphically, there assemblages can be recognized within the fauna in asunding order;

3. *Richardsonoceras-Trocholites* complex

2. *Michelinoceras elongatm-Sinoceras* complex

1. *Richardsonoceras asiaticum-Lituites* complex

The discovery of this fauna of middle Ordovician age from the lower part of "Pupiao Bed" leads to the redifinition of the Formation in Shidian that the name Pupiao Fm. Here should be restricted to upper part of purple assillaceous limestones with *Nankinolithus nankinensis* Lu and *pleurorthoceras*, *Isorthoceras*, representing the Upper Ordovician. And its lower part of argillaceous limestones containing above nautiloids fauna of middle Ordovician age can be separated as a new stratigraphic unit—the Banpocun Formation which is an equivalent to the pogada Fm. in Yangtze region or Upper Fm. of Chiatsun Group in southern Xizang (Tibet) and its type locality is at Western Hill Renheqian (Jenhochiao), Shidian.

7. 云南西部奥陶系与志留系的分界

倪寓南 陈挺恩 周志毅

林焕令 耿良玉 穆道成

(中国科学院南京地质古生物研究所)

1981年9—10月间,陈挺恩、周志毅等重新测制了云南西部潞西芒究水库和施甸响水凹水库奥陶系与志留系的界线剖面,系统采集了各门类化石。笔者等发现这两个界线剖面分属于两个不同的类型。潞西芒究水库剖面中,奥陶系与志留系的分界线位于含*Hirnantia*动物群的介壳相地层与含志留系底部(L₁)笔石的笔石相地层之间。而在施甸响水凹水库剖面,奥陶系顶部和志留系底部均为笔石相地层。现将这两个界线剖面介绍如下。

第一,潞西芒究水库剖面(自上而下):

下志留统下仁和桥组(底部)

3.黑色笔石页岩,富含笔石(ADL907-ADL912)4.1米

ADL912: *Akidograptus ascensus* Davies, *Climacograptus miserabilis* Elles et Wood, *C. minutus* Carruthurs, *C. trifilis lubricus* Chen et Lin

ADL911: *C. minutus* Carruthurs, *C. miserabilis* Elles et Wood, *parakidograptus* sp. *Akidograptus* sp.

ADL909-910: *C. miserabilis* Elles et Wood, *Diplograptus bifurcus* Mu et al,

Glyptograptus kaochiapiensis Hsü, *Orthograptus guizhouensis* Chen et Lin

ADL908: *D. törtithecatus* (Hsü), *C. minutus* Carruthurs, *C. rectangularius* (M'Coy)

ADL907: *C. normalis* Lapworth, *C. miserabilis* Elles et Wood, *O. guizhouensis* Chen et Lin, *G. cf. lunshanensis* Hsü

2.砂质泥岩,含铁、锰团块,产笔石(ADL906): *C. normalis* Lapworth, *C. sp.* 约0.5米

——— 整 合 ———

上奥陶统湾腰树组(上部)

1.灰白色泥岩(含炭质),含三叶虫及丰富的腕足类化石(ADL904-ADL905)。

腕足类:

Hirnantia sagittifera (M'Coy), *Hindella crassa incipiens* (Williams), *Coolinia cf. dalmani* Bergström, *Plectothyrella cf. crassicosta* Bergström, *Cliftonia cf. pssitocina* (Wahlengberg), *Paramalomena polonica* (Temple), *Aphanomena ultrix* Marek et Havlicek, *Leptaenopoma trifidum* Marek et Havlicek及三叶虫:
Dalmanitina sp.约2米。

上述剖面中的第一层为上奥陶统，含丰富的腕足类及三叶虫化石。戎嘉余鉴定了腕足类化石，认为这些腕足类化石均是我国 *Hirnantia* 动物群中常见或重要的属种，与华中西南区上奥陶统五峰组顶部观音桥层，以及西藏申扎上奥陶统上部申扎组所产腕足动物群相似，层位可以进行对比，其时代为晚奥陶世晚期 (Late Ashgillian)。第二层的化石很少，且单调，仅发现笔石 *Climacograptus normalis* Lapworth, C. sp.。 *C. normalis* 虽是上奥陶统上部及下志留统底部常见属种。但在晚奥陶世地层中，此种笔石往往数量较少，且常与其它晚奥陶世的标准分子共生。而在早志留世早期地层中，此种常富集，与 *C. miserabilis* Elles et Wood, *C. angustus* Perner 共生，构成以 *Climacograptus* 为特色的笔石组合。在西藏申扎，下志留统德悟卡下组底部0.6米的地层中含 *C. normalis* Lapworth, *C. miserabilis* Elles et Wood, *C. cf. rectangularis* (M'Coy) 以及 *C. angustus* Perner 等。距底部0.6米—1.45米，含 *C. normalis* Lapworth, *C. miserabilis* Elles et Wood, *C. angustus* Perner 以及 *Akidograptus ascensus* Davies。距底3.27米方开始出现 *Glyptograptus cf. Persculptus* Salter。根据和申扎地区的地层对比，笔者认为第二层划归下志留统较为合适，其层位可与 *Glyptograptus Persculptus* 带下部对比。第三层的底部 (ADL907) 除含 *C. normalis* *C. miserabilis* 以外，还有志留系底部常见种 *Glyptograptus lunshanensis* Hsü 和 *Orthograptus guizhouensis* Chen et Lin 而后者首次发现于贵州桐梓凉风垭下志留统龙马溪组 *Akidograptus ascensus*—*Climacograptus bicaudatus* 带。其上 (ADL908—ADL912) 还含有 *O. guizhouensis* Chen et Lin, *C. minus* Carruthers, *C. trifilis lubricus* Mu et al 以及 *Diplograptus cf. coremus* Chen et Lin。这些种均是黔北下志留统底部 *Akidograptus ascensus*—*Climacograptus bicaudatus* 带的重要分子。据此第三层可与黔北 *A. ascensus*—*C. bicaudatus* 带对比。为此笔者将蹻西芒究水库剖面中奥陶系与志留系的分界线划在第一层与第二层之间。二者整合接触，连续沉积。这条分界线与我国华中西南区以及藏北申扎地区奥陶系与志留系的分界线一致。

第二，施甸响水凹水库剖面（自上而下）：

下志留统下仁和桥组（底部）

3. 灰黑色、黑色粉砂质页岩 约3米

ADL347: *Rhaphidograptus törnquist* (Elles et Wood), *Pristiograptus incommodus* Törnquist, *Orthograptus* sp.

ADL346: *Climacograptus normalis* Lapworth, *Atavograptus* sp., *O. ex gr. vesiculosus* Nicholson, *Diplograptus törtithecat* (Hsü)

ADL345: *C. cf. normalis* Lapworth, *C. angustus* perner

ADL344: *C. sp.*, *C. cf. normalis* Lapworth

ADL343: *Glyptograptus cf. madernii* Koren et Mikhaylova

ADL342-341: *D. ojsuensis* (Koren et Mikhaylova), *D. temalaensis* (Jones), *C. rectangularis* (M'Coy)

整合

上奥陶统“蒲缥”组（上部）

2. 黑色粉砂质泥岩、页岩。下部含三叶虫及笔石碎片 (ADL339), 上部富含笔石 (ADL340) 约0.5米

ADL340: *Diplograptus* cf. *bohemicus* (Marek), *D. ex gr. orientalis* Mu et al, *Climacograptus* cf. *xizangensis* Mu et Ni

ADL340-1: *D. ojsuensis* (Koren et Mikhaylova), *D. bohemicus* (Marek), *D. cf. temalaensis* (Jones)

ADL340-2: *D. maturatus* Mu et Ni, *Glyptograptus* cf. *daedalus* Mu et Ni, *C. sp.*

1. 黄褐色粉砂质、钙质泥岩, 含三叶虫及少量腕足类化石 (ADL338) 12.8米

三叶虫: *Dionide regalis* Lu et Zhou, *Microparia* sp., *Cyclopyge* sp., *Birmanites* sp.

上述剖面中第一层含奥陶纪的三叶虫 *Cyclopyge* sp., *Birmanites* sp. 和 *Dionide regalis* Lu et Zhou。 *D. regalis* 首先发现于江苏句容及江宁上奥陶统汤头组。第二层含华中西南区上奥陶统五峰组第6笔石带 *Diplograptus bohemicus* 带的重要分子 *D. bohemicus* (Marek) 和 *D. ex gr. orientalis* Mu et al. *Climacograptus xizangensis* Mu et Ni, *Diplograptus maturatus* Mu et Ni 以及 *Glyptograptus daedalus* Mu et Ni 均是西藏申扎上奥陶统申扎组 *D. bohemicus* 带的分子。 *Diplograptus ojsuensis* (Koren et Mikhaylova) 首次发现于苏联哈萨克斯坦, 与 *Dalmanitina* sp. nov. 共生。这层为施甸—保山地区奥陶系的最高层位, 可与华中西南区及西藏申扎上奥陶统顶部 *D. bohemicus* 带对比。第三层底部 (ADL341-ADL343) 虽仍有 *D. ojsuensis* (Koren et Mikhaylova), 但是以 *D. temalaensis* (Jones) 富集为特色。此种在马来亚与 *Glyptograptus persculptus* (Salter) 共生。 *G. madernii* Koren et Mikhaylova 在哈萨克斯坦出现在 *Akidograptus ascensus* Davies 之前和 *Dalmanitina mucronata* (Brongmart) 和 *D. otini* Temple 及 *G. ? cf. persculptus* Salter 之后。后者层位可与我国上奥陶统观音桥组进行对比。另外还有仅限于志留系的 *Climacograptus rectangularis* (M'Coy) 因此含上述化石的层位宜归志留系。但是ADL344和ADL345两层笔石动物群属、种单调, 仅有 *C. normalis* Lapworth 和 *C. angustus* perner 等。其面貌与潞西芒究和西藏申扎志留系底部笔石动物群面貌相似。我们暂将施甸响水凹水库剖面的奥陶系与志留系分界线划在第二层与第三层之间, 也不排斥在ADL343和ADL344之间的可能性。总之, 这条分界线是在笔石相地层之中的。这里没有发现含 *Hirnantia* 动物群的壳相层, 所含三叶虫也与 *Dalmanitina* 不同, 其地层发育情况不同于潞西, 也不同于四川长宁、湖北宜昌黄花场以及西藏申扎等地, 却与云南保山沙河厂 (已另文报导) 以及贵州沿河甘溪的地层发育情况雷同。

云南西部 *Diplograptus bohemicus* 带 (W₆) 笔石动物群的发现, 在时代对比上起了重要作用, 对确定施甸、保山地区上奥陶统壳相地层的具体层位, 解决奥陶系与志留系的分界问题均提供了有力的化石证据。奥陶系与志留系的分界是长期争论的问题, 随着对两系分界地层所含化石群的深入研究, 已日趋一致。即奥陶系与志留系的分界划在 *Diplograptus bohemicus* 带或 *Hirnantia* 组合与 *Glyptograptus persculptus* 带或 *Eospirig-*

erina(或“*protatrypa*”)组合之间。

主要参考文献

- 戎嘉余(1979):《中国的赫南特贝动物群(*Hirnantia* fauna)并论奥陶系与志留系的分界》于《地层学杂志》3卷第1期。
- 陈旭、林尧坤(1978):《黔北桐梓下志留统的笔石》于《中国科学院南京地质古生物研究所集刊》12号。
- 倪寓南、许汉奎、陈挺恩(1981):《西藏申扎地区奥陶系与志留系的分界》,于《地层学杂志》5卷2期。
- 倪寓南:《云南保山上奥陶统笔石》
- 葛治洲、戎嘉余、杨学长、刘耕武、倪寓南、董得源、伍鸿基:1979,《西南地区的志留系》,于《西南地区碳酸盐生物地层》155--220页。
- 穆恩之、朱兆玲、陈均远、戎嘉余(1979):《西南地区的奥陶系》,《西南地区碳酸盐生物地层》108—154页。
- 穆恩之、倪寓南(1982):《西藏申扎奥陶系—志留系界线剖面的笔石》
- Jones, C.R.(1973): The Silurian-Devonian graptolite faunas of the Malay peninsula. *In* Geol. Sci., Overseas Geol. Min. Resources, no. 44, London.
- Корень, Т. Н., Михайлова, Н. Ф., Цай, Д. Т. (1980): (В. К. Н. Аполлонов, М. К., Бандалемов, С. М., Никимин, И. Ф.) Граница Ордовика и Силура в Казахстане.

BOUNDARY OF ORDOVICIAN AND SILURIAN IN WESTERN YUNNAN

Ni Yunan Chen Tinggen Zhou Zhiyi

Lin Huanling Geng Liangyu Mu Daochen

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

Abstract

The present paper discusses the Ordovician-Silurian boundary at Mangjiu of Luxi and Xiangshuiiao of Shidian, Western Yunnan. The stratigraphic sequence may be outlined as follows.

1). Mangjiu section of Luxi

Lower Silurian Lower Jenhochiao Formation(basal part)

3. Black shale, 4. 1 m. in thickness containing *Climacograptus normalis* C. *miserabilis* Elles et Wood, *C. trifilis lubricus* Chen et Lin, *Akidograptus ascensus* Davies, *Orthograptus guizhouensis* Chen et Lin, *Diplograptus bifurcus* Mu et al. etc.

2. Sandy mudstone, about 0.5 m. in thickness containing *Climacograptus normalis* Lapworth, C. sp.

—Conformity—

Upper Ordovician Wanyaoshu Formation (top part)

1. Greyish white mudstone, about 2 m. in thickness containing *Hirnantia sagittifera* (M'Coy), *Hindella crassa incipiens* (Williams), *Coolinia* cf. *dalmani* Bergström, *Plectothyrella* cf. *crassica* Bergström, *Paramolomena polonica* (Temple), *Apyanomena ultrix* Marek et Havlicek and *Dalmanitina* sp. etc.

It appears clear that the Ordovician-Silurian boundary should be drawn between Horizon 1 and Horizon 2 or between *Hirnantia* fauna and *Climacograptus normalis* assemblage.

II). Xiangshuiao section of Shidian

Lower Silurian Lower Jenhochiao Formation (basal part)

3. Black shale, about 3 m. in thickness

1). Near the base (ADL344-ADL345) containing *Climacograptus angustus* Perner, C. cf. *normalis* Lapworth

2). The base (ADL341-ADL343) containing *Diplograptus ojsuensis* (Koren et Mikhaylova), *D. temalaensis* (Jones), *Climacograptus rectangularis* (M'Coy), *Glyptograptus* cf. *madernii* Koren et Mikhaylova

—Conformity—

Upper Ordovician "Pupiao" Formation (top part)

2. Black shale. 0.5 m. in thickness containing *Diplograptus bohemicus* (Marek), *D. ex gr. orientalis* Mu et al., *D. maturatus* Mu et Ni, *Glyptograptus* cf. *daebalus* Mu et Ni

1. Yellow argillaceous limestone about 12 m. in thickness containing *Dionide regalis* Lu et Zhou, *Microparia* sp., *Cyclopyge* sp., *Birmanites* sp.

The Ordovician-Silurian boundary should be drawn between Horizon 2 and Horizon 3 or between ADL343 and ADL344 in Horizon 3. In other words, the boundary should be drawn between *Diplograptus bohemicus* zone and *Diplograptus temalaensis*-*Glyptograptus madernii* assemblage or between the latter and *Climacograptus normalis* assemblage.

The faunas of the Ordovician-Silurian boundary beds at Xiangshuiao of Shidian are different from those at Mangjiu of Luxi in the presence of *Diplograptus bohemicus* fauna and in the absence of *Hirnantia* fauna. The occurrence of *D. bohemicus* and *Hirnantia* faunas in Western Yunnan reveals that the Ordovician-Silurian boundary over there is in concordance with that in Central China (Yangtze) Region and Xainza, Xizang (Tibet).

8. 滇西北三叠纪生物地层研究新见

陈金华 何国雄

潘华璋 曹美珍

(中国科学院南京地质古生物研究所)

滇西北的三叠系分属两个地层—构造区,即西部的兰坪—义敦区和东部的丽江—盐源区。前一个区位处古代印度板块与欧亚板块交接带附近,构造复杂、地层多受变质,研究程度较低。我们在以往称“维西群”内,发现了属于早三叠世的双壳类*Claraia stachei*, *C. radiata*, *C. concentrica*, *C. wangi*等(中甸布伦);中三叠世的双壳类*Costatoria goldfussi mansuyi*, *Bakevelloides*, *Hoernsia*, *Plagiostoma Kulunheensis*, *P. beyrichii*, *Asoella? illyrice*;腹足类*Undularia* sp., *Scurriopsis tenuistriata*及介形类等(中甸王吃卡);菊石*Acrochordiceras*, *Balatonites*, 双壳类*Posidonia*(中甸碧古)及晚三叠世双壳类*Burmesia*, *lirata*, *Costatoria napengensis*, *Catella laticlava*和腹足类*Anulifera* sp., *Trachynerita wanneri weishanensis*, *Eucycloscala* sp., *Stephanosmia*, *Promathildia*, *Worthenia*, *Zygopleura*及菊石西藏菊石科碎片(维西则那)。这些确切的化石证据表明,“维西群”包含内容复杂,可能并非单属某一时代的沉积,当需开展进一步深入研究,彻底弄清地层序列,并建立相应的地层名称。在丽江—盐源区,三叠纪地层序列颇清楚,大致由三部分组成:下部红层,中部灰岩,上部黄绿色碎屑岩。经我们调查,宁蒗树劳河剖面最完整,建议树立为本区一个典型地层柱子,作为划分对比的标准之一(见图8—1、8—2)。现以这一剖面为基础,综述我们对本区三叠纪地层划分对比及生物群组合序列的新认识。

早三叠世划分出两个双壳类组合

下三叠统腊美组为海相红层,底部砾岩(这一底砾岩层在永胜、宁蒗、鹤庆等地十分普遍),与下伏上二叠统黑泥哨组为假整合(或微角度不整合)接触。早三叠世可见两个双壳类组合:下部称*Claraia wangi*---*C. stachei*组合,上部称*Eumorphotis*组合。前一组合包括*Claraia wangi*, *e. wangi minor*, *C. concentrica*, *C. stachei*, *C. radiata*, *Unionites fassaensis*, *U. canalensis*, *U. bettneri*, *Neoschizodus laevigatus*等,共生腹足类*Neritaria* cf. *subincisa*, *N. cf. lendziensis*和*Hologyra* cf. *alta*等。以往,中国西南地区早三叠世双壳类被划分为五个组合,即(自下而上):①*C. wangi*组合,②*C. stachei*组合,③*C. aurita*组合,④*Eumorphotis multiformis*组合,(5)*Eumorphotis inequicostata*---*Pteria* cf. *murchisoni*组合(Chen 1980)。但是,有人对此提出疑义,认为*Claraia*和*Eumorphotis*只能分出两个组合(或带)(殷鸿福1981)。我们提供的滇西北材料,似乎也支持后一种意见。本区虽未发现*C. aurita*种,但在其它地区这个

种经常与*Eumorphotis*共生(姚兆奇等, 1980; 殷鸿福, 1981); *C. wangi*与*C. stachei*亦是混生的, 或者各自出现在不同地区的相当层位; 而*Eumorphotis*各种均较稳定地产出于同一层位。这样, 我们感到早三叠世划分为两个组合较之五个组合的意见更妥且更能被人接受。

中三叠世发现一个新的化石层

中三叠统北衙组, 下部为红层, 上部为灰岩夹膏溶角砾灰岩。按以往意见, 红层中所产双壳类*Costatoria goldfussi mansuyi*组合属安尼期; 灰岩中所产双壳类*Asoella? illyrica*组合属拉丁期(陈楚震等, 1979)。我们于中甸附近的灰岩中新发现了一个双壳类*Plagiostoma kulunheensis*——*P. beyrichii*组合。这一组合除上述两个主要种外, 还有*Cassianella*, *Bakevellia*, *Pteria*, *Elegantinia*等其它属种及较丰富的介形类化石, 它的产出层位位于前述两个双壳类组合之间(中甸王吃卡)。此外, 在另一个相区的板岩中(中甸碧古), 发现了一个*Posidonia*层, 内有菊石*Acrochordiceras*和*Balatonites*, 菊石化石的时代属安尼中期。在贵州青岩地区, 菊石*Balatonites*与双壳类*Plagiostoma*组合共同产出于青岩组上部, 可见上述*Posidonia*——*Balatonites*层与*Plagiostoma*层是相当的。由于这个安尼中期的化石层产在*Costatoria goldfussi mansuyi*组合和*Asoella? illyrica*组合之间。可以认为*C. goldfussi mansuyi*组合属安尼早期而不代表整个安尼期, *A. ? illyrica*组合则可能属安尼晚期至拉丁期, 而限于拉丁期。在早中安尼期地层内的腹足类有:*Actaeonina* sp., *Polygyrina* sp., *Scurriopsis tenuistriata*, *Undularia* cf. *sciolota*, *Allocosmia* sp.等, 它们可与欧洲介壳灰岩统下部属种比较; 此外, 还在本区内中三叠统内发现了十足目虾类化石及丰富的叶肢介。

晚三叠世发现三个菊石层

本区上三叠统厚度大, 分布广泛, 通常被划分为中窝组、松桂组和新营村组。中窝组为灰岩, 连续沉积于北衙组之上, 产双壳类*Lilangina nobilis*和腕足类*Rhaetina caucasta*, 以往常被认为是本区卡尼阶的代表。但我们发现, 本区的中窝组灰岩厚度均较小(60—120米), 而且其中所产*Lilangina nobilis*是喜马拉雅西段地区卡尼早期典型分子(Diener 1908), 在我国西藏土隆剖面上亦仅产于卡尼阶的下部(尹集祥等, 1974)。因此, 用中窝组来代表本区整个卡尼期的沉积, 似乎并没有反映这一时期的全貌。这个问题, 我们在对本区松桂组的研究中得到了进一步证实。松桂组以海相灰绿、黄绿色沙泥岩为主, 偶夹泥灰岩层或透镜体, 在丽江、鹤庆、宁蒗、永胜等地广泛分布。由于在中三叠世中晚期至晚三叠世早期, 滇西北乃至整个华南都曾经历过一次大规模的海退(各地海退的起始时间、延续时限及影响程度不一)(武汉地质学院等, 1979), 在不少地区松桂组常以假整合复于中三叠统之上, 而各地的松桂组又由于接受沉积的时间不一而完整程度不同, 例如永胜地区仅有它的上部, 宁蒗地区较完整, 而鹤庆地区则处于这两者间。现以宁蒗树劳河剖面为例进行讨论。松桂组下部与中窝组连续沉积, 为泥灰岩与泥岩互层并逐渐过渡成砂岩, 产腕足类*Sanqiaothyris elliptica*, *Rhaetinopsis ovata*, *Ninglangothyris subcircularis*, 腹足类*Pleurotomoria* sp. 及双壳类*Entolium tenuistriatum rotundum*, *Angustella angusta*, *Burmesia* sp. nov., *Neoschizodus*, *Costatoria*, *Pleuromya*等。这些腕足类和双壳类种以往曾发现于贵州三桥组、把南组下部、藏南土隆群上

组下部、滇中云南驿组等卡尼期地层，这个组合面貌不同于诺利早期的那贡动物群(Healey 1908)，其中的*Burmesia* sp. nov. 又不同于那贡层的*B. lirata*。因此我们认为，在连续剖面上，松桂组下部应属卡尼晚期而非诺利期(《云南中生代红层》，1975)。

松桂组中上部以沙泥岩为主，偶夹泥灰岩。我们在宁蒗、永胜、鹤庆地区发现了早诺利期的两个菊石带*Mojsisovicsites*带和*Malayites*---*Pseudocardioceas*带，以及中诺利期下部菊石带*Juvavites*带。这三个菊石带在宁蒗树劳河连续剖面上顺序地自下而上出现。这三个带在系统剖面上的发现，于我国西南地区(除西藏外)上三叠统研究中尚属首次，对于地层划分对比及共生其它门类化石的分带研究也提供了十分重要的依据，现分述如下：

(1) *Mojsisovicsites*带：主要分子有*Mojsisovicsites*, *Gonionotites*, *Dimorphites*, *Anatomites*；共生双壳类*Costatoria napengensis*---*Burmesis lirata*组合，腹足类*Trypanostylus* sp., *Anoptycha*, *Protocula*, *Choilotomona*, *Omphaloptycha concinna*。据属种对比，著名的那贡动物群的大部分分子属此带，时代应为早诺利早期。本带相当于喜马拉雅地区*Nodotibetites nodosus*带(王义刚、何国雄，1976)，而且还可直接与加拿大及奥地利下诺利阶下部的*Mojsisovicsites kerri*带(Tozer 1967; Zapfe 1974)对比。

(2) *Malayites*---*Pseudocardioceras*带：在宁蒗树劳河剖面上，仅见*Malayites*属，但在宁蒗宁利、三岔河及鹤庆松桂一福田村等地相同层位还见其它分子，如*Pseudocardioceras*, *Cladiscites*, *Rhacophyllites*, *Arcestes*, *Placites*等；共生的其它门类化石有双壳类*pergamidia*组合，腹足类*Stophanocosmia* cf. *subulata*及介形类。这一菊石带相当于加拿大的*Malayites dawsoni*带(Tozer 1967)、奥地利的*Malayites panlckeii*带(Zapfe 1974)，和喜马拉雅地区的*Griesbachites*---*Gonionotites*带(王义刚、何国雄，1976)，时代为早诺利晚期。与此带共生的双壳类*Pergamidia*特别富集，它是东特提斯地区的早诺利阶特征性分子。现已发现于喜马拉雅地区、云南、四川和印度尼西亚等地，在缺失菊石的情况下，常常可以作为划分对比的依据之一。

(3) *Juvavites*带：主要分子有*Juvavites*, *Indojuvavites*, *Rhacophyllites*, *Arcestes*, *Cyrtopleurites*, *Megaphyllites*等，共生双壳类*Halobia norica*---*Krumbeckiella*组合及腹足类*Worthenia eremita*, *Sisenna elegans*, *Eucycloscola hanwangensis*, *Strophancosmia*, *Pleurotomaria*, *Trypanostylus*, *Flacilla*, *Riselloidea*, *Coelostylina*等。这一菊石带的时代为中诺利早期，它与喜马拉雅地区的*Indojuvavites angulatus*层可以对比(Diener 1912)。后者的时代原定为早诺利期，已修改为中诺利早期(王义刚、何国雄，1976)；同时，加拿大及奥地利的*Juvavites magnus*带也大致与此带相当。在本层位中的*Halobia norica*, *H. plicosa*, *Krumbeckiella*, *Sichuania*等化石亦是特征性分子。其中*Halobia*的两个种普遍认为层位较高，而*Krumbeckiella*和*Sichuania*等曾发现于我国四川、云南、西藏东部及印尼帝汶岛等地(马其鸿等，1976; Krumbeck 1924; Kutassy 1931)，但是它们的确切层位一直没有搞清。现在，它们被发现于中诺利早期菊石带中，为今后的生物群对比提供了重要的证据。此外，那贡动物群的一个重要分子双壳类*Catella laticlava*，原曾在滇中祥云组花果山段大量出现，这次也被发现于本菊

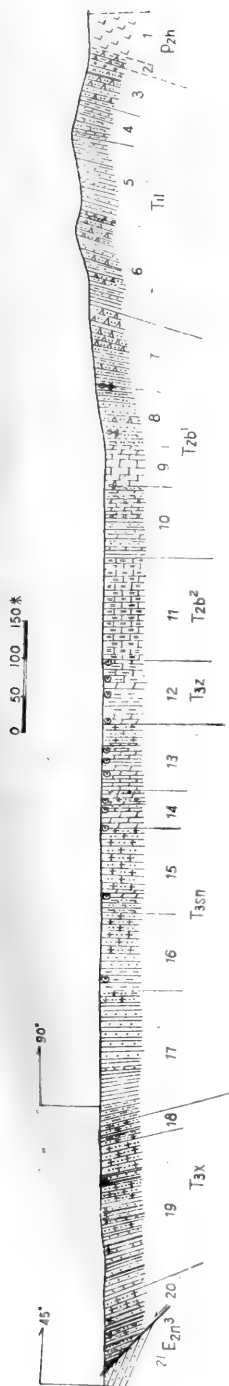


图 8—1 宁蒗树捞河三迭系实测剖面图

时代	组	层号	厚度 (米)	柱状图
上覆地层	第三系			
晚 期 中 组	新 營 村 组	20	88	ADL763
		19	188	ADL762
		18	45	ADL761 ADL760
	松 桂 组	17	199	ADL759上
		16	118	ADL759 ADL758 (第二菊石带)
		15	122	ADL757 ADL756 (第二菊石带) ADL754
		14	47	ADL753 (第一菊石带) ADL748 ADL747
	晚 期 早 中 组	13	78	ADL741 ADL740
		12	84	ADL735
中 三 迭 世	北 碛 组	11	145	
		10	99	
		9	55	ADL734 ADL732
		8	88	
		7	103	
早 三 迭 世	腊 美 组	6	119	
		5	103	ADL731
		4	58	
		3	55	
		2	14	
下伏地层	黑泥哨组	1	>55	

图 8—2 宁蒗树捞河三迭系柱状图

滇西北三叠纪生物群组合（带）划分表

表 8—1

代表地层	时 代	生 物 组 合（带）
新营村组	晚期	双壳类 <i>Unionites?</i> <i>emeiensis</i> ; 介形类 <i>Gomphocythere?</i> ; 叶肢介 <i>Euestheria minor</i>
松 桂 组	中 期	菊 石 <i>Juvavites</i> 带; 双壳类 <i>Halobia norica</i> --- <i>Krumbeckiella</i> 组合
	早 期	腹足类 <i>Encycloscala hanwangensis</i> , <i>Worthenia eremita</i> , <i>Sisema elegans</i>
		菊 石 <i>Malsyites</i> --- <i>Pseudocardioceras</i> 带; 双壳类 <i>Pergmidia</i> 组合
	期	菊 石 <i>Mojisovicites</i> 带; 双壳类 <i>Costatoria napengensis</i> --- <i>Burmestia lirata</i> 组合
中窝组	卡 尼 期	腹足类 <i>Trachymerita wanneri weishanensis</i> , <i>Omphalopycha concinna</i>
		双壳类 <i>Entolium tenuistriatum rotundum</i> , <i>Angustella</i> , <i>Burmestia sp. nov.</i>
	早 期	腕足类 <i>Sanqiaothyris elliptica</i> , <i>Rhaetinoopsis ovata</i>
		双壳类 <i>Lilangina nobilis</i> 组合; 腕足类 <i>Rhaetina caucasia</i> 等
北 衙 组	拉 丁 期	双壳类 <i>Asoella?</i> <i>illyrics</i> 组合
	安 尼 期	台地相 <i>Plagiostoms kulinheensis</i> --- <i>P. beyrichii</i> 组合; 浊流相 <i>Posidonia</i> --- <i>Balatonites</i> 层
	晚 期	双壳类 <i>Costatoria goldfussi mansuyi</i> 组合; 腹足类 <i>Scurriopsis tenuistriata</i> 等
腊 美 组	晚 期	双壳类 <i>Eumorphotis</i> 组合
	早 期	双壳类 <i>Claraia wangi</i> --- <i>C. stachei</i> 组合

石带，因此可以初步认为花果山段的时代很可能属中诺利期。

新营村组是一套沙泥岩夹煤线的含煤地层。这一组名原被称为“新安村组”，但经我们复查，标准命名地为永胜县新营村，故原名属于错名，现予更正。以往在本组地层中发现植物和叶肢介化石，我们除重获这些化石外，还采集到少许介形类和双壳类（见表8—1）。这些化石面貌均与云南中部的白土田组，一平浪组中上部，四川的须家河组上部，贵州的火把冲组上部，西藏东北部的土门格拉组生物群相仿，表明属半咸水至陆相沉积。关于这一组地层的时代，目前还有不同认识，主要有瑞替期和诺利晚期两种意见，我们采纳后一种意见。主要因为它直接整合覆于早中诺利期地层之上（在我国各地普遍如此），而从未在其中发现过瑞替阶的标准化石。至于缅甸那贡层的瑞替阶化石 *Rhaetavicula contorta*，虽然目前还未对其发现提出疑问，但那贡层的其余大量属种早已在我国及东南亚地区发现并已被证明属诺利早期至诺利中期，而唯独未见这一瑞替阶化石种。我们最近在滇西北，特别是在与那贡层完全相当的维西则那剖面调查中，也遗憾地未获这一化石。

参 考 文 献

- 中国科学院南京地质古生物研究所等（1975）：《云南中生代红层》科学出版社。
- 武汉地质学院等（1979）：《青海省三叠纪地层及古地理特征》于《国际交流地质学术论文集》（2）《地层古生物》地质出版社。
- 马其鸿等：1976，《云南中生代瓣鳃类化石》，于《云南中生代化石》科学出版社。
- 王义刚、何国雄（1976）：《珠穆朗玛峰地区三叠纪菊石》，于《珠穆朗玛峰地区科学考察报告》：《古生物》第三分册，科学出版社。
- 尹集祥等（1974）：《珠穆朗玛峰地区的地层三叠系》于《珠穆朗玛峰地区科学考察报告》：《地质》，科学出版社。
- 陈楚震等（1979）：《西南地区的三叠系》，于《西南地区碳酸盐生物地层》科学出版社。
- 姚兆奇等（1980）：《黔西滇东晚二叠世生物地层和二叠系与三叠系的界线问题》，于《黔西滇东晚二叠世含煤地层和古生物群》科学出版社。
- 殷鸿福（1981）：《克氏蛤和正海扇的分布及其地质意义》于《地质学报》55卷3期。
- Chen Chu-Chen(1980): Marina Triassic lamellibranch assemblages from Southwest China. Riv. Ital. Paleont., vol.85, No. 3-4.
- Diener, C.(1908): Ladinic, Carnic and Noric faunae of Spiti, Himalayan fossils. palaeont. Indica, ser.15, vol. 5, pt. 3.
- (1912): The Trias of the Himalayas. Mem. Geol. Surv. India, vol.36, pt. 3.
- Healey, M. (1908): The fauna of the Napeng Beds or the Rhaetic Beds of Upper Burma. paleont. Indica, N. S., vol. 2, pt. 4.
- Krumbeck, L. (1924): Die Brachiopoden, Lamellibranchiaten und Gastropoden der Trias von Timor. Paleontologie von Timor, Lief. 13.

Tozer, E. T. , 1967: A standard for Triassic time. Geol. Surv. Can., Bull. 156.

—(1971): Triassic time and ammonoids. Probleme and Proposals Canadian Journal of Earth Sciences. vol. 8, N. 8.

Zapfe, H. (1974): Trias in Osteneich. Nie Stratigraphic der alpin-mediterranen Trias (Ed. by H. Zapfe). Wien.

NEW OBSERVATION ON THE TRIASSIC BIOSTRATIGRAPHY OF NORTHWEST YUNNAN

Chen Jinhua, He Guoxiong,

Pan Huazhang and Cao Meizheng

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

(Abstract)

The present paper is to report new observation of the Triassic strata and its faunal assemblages in Northwest Yunnan. The result is that, The Early Triassic bivalves may be subdivided into two assemblages, i. e., the *Claraia wangi*---*C. stachei* assemblage and the *Eumorphotis* assemblage, A fossil zone, the *Balatontes*---*Posidonia* zone, which is recognized as Middle Anisian age and believed its corresponding to the *Plagiostoma kulunheensis*---*P. beyrichii* assemblage, has been identified for the first time in this area except for the known early Anisian *Costatoria goldfussi mansuyi* assemblage and late Anisian to Ladinian *Asoella illyrica* assemblage, Fossils found from the middle Anisian also include gastropods (*Actaeontina*, *Polygyrina* and *Undularta*) and abundant ostracods. In the continued sequence three ammonite zones, the *Mojsisovicsites* zone, the *Malayites*-*Pseudocardioceras* zone and the *Juvavites* zone are distinguished from each other in the Late Triassic strata. These three zones respectively belong to early Early Norian, late Early Norian and early Middle Norian, Significantly, the discovery of these ammonite zones will be used in the subdivisions and correlations of the Upper Triassic in Southwest China because of their associations with many bivalves and gastropods which were widely found in Southwest China but were not made an exhaustive study in zonal level.

9. 云南宁蒗地区晚三叠世植物群*

段淑英 陈 晔 陈明洪

(中国科学院植物研究所)

宁蒗地区三叠系地层十分发育,分布很广,晚三叠世主要为海陆交互相沉积。1958年当地曾在该区背箩山一带开采过煤。1970年云南省地质局第七地质队进行过普查工作,将该区含煤地层分为上下两个煤组,统称为背箩山煤系。后来,云南省第一区调队又在该区进行地质调查,将煤系地层自上而下分为新安村组与松桂组,但对植物化石均未作系统研究,基本上属空白区。1981年中国科学院青藏科学考察队,在横断山地区进行综合科学考察中,我们在宁蒗地区背箩山一带系统采集了煤系地层的植物化石,并进行了初步研究。

背箩山煤系是一套砂页岩,主要由灰黄、灰绿及灰黑色泥质粉砂岩、长石石英砂岩及炭质页岩组成,呈互层。其中夹有较多的煤线和薄煤层。煤系下伏地层为上二叠统峨眉山玄武岩,呈假整合接触。煤系地层上部粒度变粗,所夹煤层减少,风化较严重,植物化石贫乏,并且被闪长玢岩岩体侵入,岩体之下地层厚度440米,植物化石丰富。这里所报道的化石均采自该段地层的中下段。

一、植物群的特点及其地质时代

本区植物化石经研究有23属40种,名单如下:

蕨类植物门 Pteridophyta

石松纲 Lycopsidea

卷柏目 Selaginella

卷柏科 Selaginellaceae

卷柏属 *Selaginella* Spring

云南卷柏 *Selaginella yunnanensis* (Hsü) Hsü

楔叶纲 Sphenopsida

木贼目 Equisetales

后芦木科 Apocalancitaceae

新芦木属 *Neocalamites* Halle

*本文系古植物室横断山科考成果之一,是在徐仁教授指导下完成,在采集化石过程中得到宁蒗县科委杨德寿同志的帮助,照片由本所照相室同志拍摄,在此一并致谢。

窄叶新芦木 *Neocalamites carrerei* (Zeiller) Halle

蟹爪新芦木 *N. carcinoides* Harris

真蕨纲 Filicopsida

莲座蕨目 Marrattiales

星囊蕨科 *Asterothecaceae*

星囊蕨属 *Asterotheca* Presl

偏羽星囊蕨 *Asterotheca latepinnata* (Leuth) Hsü

紫萁目 Osmundales

紫萁科 Osmundaceae

拟托蕨属 *Todites* Sew. emended Harris

重齿拟托蕨 *Todites denticulatus* (Brongn.) Krasser

葛氏拟托蕨 *T. goeppertianus* (Münster) Krasser

首要拟托蕨 *T. princeps* (Presl) Harris

双扇蕨科 Dipteridaceae

格脉蕨属 *Clathropteris* Brongn.

阔叶格脉蕨 *Clathropteris platyphylla* (Goeppert) Nathorst

密脉格脉蕨 *C. tenuinervis* Wu

网脉蕨属 *Dictyophyllum* L. et H.

尖齿网脉蕨 *Dictyophyllum münsteri*

(Goeppert) Nathorst

短镰网脉蕨 *D. nathorsti* Zeiller

奇叶脉属 *Thaumatopteris* (Goeppert) Nathorst

大叶奇叶蕨 *Thaumatopteris remauryi* (Zeiller) Ôety.

葛蕨属 *Goeppertella* Ô et Y.

小叶葛蕨 *Goeppertella microloba* (Schenk) Ôety.

科目不明的真蕨类植物 Filicopsida Incertae Sedis

枝脉蕨属 *Cladophlebis* Brongn.

高氏枝脉蕨 *Cladophlebis kaoiana* Sze

脉脉蕨 (未定种) *C.* sp.

裸子植物门 Gymnospermatophyta

苏铁纲 Cycadopsida

本内苏铁目 Bennettitales

威廉逊苏铁科 *Williamsoniaceae*

侧羽叶属 *Pterophyllum* Brongn.

硬叶侧羽叶 *Pterophyllum firmifolium* Yé

尖裂侧羽叶 *P. pinnatifidum* Harris

侧羽叶 (未定种) *P.* sp.

异羽叶属 *Anomozamites* Schimper

纤细异羽叶 (比较种) *Anomozamites* of. *gracilis* Nathorst

中国篦羽叶属 *Sinoctenis* Sze

美叶中国篦羽叶 *Sinoctenis calophylla* Wu et Lih

云南中国篦羽叶 *S. yunnanensis* Li

肋羽叶属 *Nilssoniopteris* Nathorst

细脉肋羽叶 *Nilssoniopteris tenuinervis*

(Braun) Nathorst

镰羽叶属 *Drepanozamites* Harris

尼氏镰羽叶 *Drepanozamites nilssoni* (Nathorst) Harris

银杏纲 Ginkgopsida

银杏目 Ginkgoales

银杏科 Ginkgoaceae

舌叶属 *Glossophyllum* Kräusel

陕西舌叶 *Glossophyllum shenstensis* Sze

裂银杏属 *Baiera* Braun emend. Florin

浅田裂银杏 *Baiera asadai* y. et ô.

优雅裂银杏 *B. Concinna* (Heer) Kaw.

多裂裂银杏 *B. multipartita* Sze et Lee

裂银杏 (未定种) *B. sp.*

狭轴穗属 *Stenorachis* Saporta

清晰狭轴穗 *Stenorachis lepida* (Heer) Seward

松柏纲 Coniferopsida (= Coniferae)

松柏目 Coniferales

扇苞科 Cycadocarpidaceae

苏铁杉属 *Podozamites* Braun

披针苏铁杉 *Podozamites lanceolatus*

(L. et H.) Braun

线叶苏铁杉 *P. schenki* Heer

稀脉苏铁杉 (新种) *P. rarinervis* Duan

et Chen sp. nov.

扇苞属 *Cycadocarpidium* Nathorst

剑扇苞 *Cycadocarpidium erdmannii* Nathorst

扇苞 (球果轴型) *C. (cone axis type)*

费尔干杉属 *Ferganiella* Prynada

苏铁杉型费尔干杉 *Ferganiella podozamoides* Lih

分类位置不明的植物 Incertae sedis

带羊齿属 *Taeniopteris* Brongn.

披针带羊齿 *Taeniopteris lanceolata* ôishi

狭叶带羊齿 (比较种) *T. cf. stenophylla*

Kryshstofovich

似果穗属 *Strobilites* L. et H.

似果穗 (未定种) *strobilites* sp.

似球果属 *Conites* sternbergi

似球果 (未定种) *Conites* sp.

石籽属 *Carpolithus* Wallerius

石籽 (未定种) *Carpolithus* sp.

上述 23 属 40 种植物是我国南方中生代含煤地层中常见的属种, 蕨类植物 9 属 15 种约占全部植物的 38%, 其中双扇蕨科植物 4 属 6 种, 占绝对优势。这科中的短镰网脉蕨, 小叶葛蕨和大奇叶蕨等在我国南方各地晚三叠世地层中广泛分布, 在越南鸿基植物群中也极为丰富。阔叶格脉蕨在我国南方及越南等地晚三叠世地层中常有分布, 也见于德国晚三叠世。尖齿网脉蕨早已在欧洲和日本等地晚三叠世出现, 现又在我国宁蒗地区出现。木贼目的窄叶新芦木和蟹爪新芦木是广泛分布于欧洲和亚洲的晚三叠世植物, 从东格陵兰到越南广阔地区均不乏见; 在我国不仅广布于南方, 而在北方的延长植物群中也很丰富。卷柏目的云南卷柏最初见于云南一平浪植物群中, 后来在四川雅安、峨眉和盐边等地晚三叠世地层中均有发现。紫萁科的重齿拟托蕨屡见于四川、云南、湖北、广东等地晚三叠世植物群中。葛氏拟托蕨多见于福建、江西、广东等地晚三叠世煤系地层中。高氏枝脉蕨是陕北延长群的植物成分。苏铁类植物 5 属 7 种, 占全部植物的 18%。其中本内苏铁目的尖裂侧羽叶和尼氏镰羽叶开始均发现于东格陵兰的鳞羊齿带 (*Lepidopteris* zone); 在我国南方也广泛分布, 是晚三叠世晚期的代表植物。中国篦羽叶属是我国特有属, 亦是晚三叠世代表植物。目前发现的仅有 6—7 种, 但分布最广的是美叶中国篦羽叶, 遍及我国南方各省, 在宁蒗地区也是数量最多的一种。银杏、松柏类各有 3 属 6 种, 均占全体植物的 15%。长期以来, 不少学者推侧扇苞属可能是苏铁杉属的生殖器官, 由于作者在合川发现两者体连化石, 这一推论已被证实。既然苏铁杉属的地质时代确属晚三叠世至早白垩世, 那么将剑扇苞视为晚三叠世的标准分子显然不妥, 何况该种植物在贵州侏罗系地层里早已发现。

综上所述, 宁蒗植物群有如下特点:

(1) 蕨类植物在植物群中占很大的比重, 其中以双扇蕨科占绝对优势, 但缺少莲座蕨科 (*Angiopteridaceae*) 和合囊蕨科 (*Marattiaceae*)。

(2) 苏铁类植物在本区有所减少, 有些属种如蕨羽叶属 (*Nilssonia*), 篦羽叶属 (*Ctenis*), 大网羽叶属 (*Anthrophyopsis*) 等均未发现。但最具时代色彩的代表分子如侧羽叶属, 中国篦羽叶属和镰羽叶属仍很发育。侧羽叶属是晚三叠世分布最广。种最多的本内苏铁植物, 在宝鼎大莽地组有 16 种, 安源组有 14 种, 箐河有 8 种, 宁蒗有 3 种。镰羽叶属和中国篦羽叶属在须家河组、安源组、一平浪组及箐河组都相当丰富。然而值得注意的是尖裂侧羽叶, 中国篦羽叶属和镰羽叶属在大莽地组均未发现。所以, 它们对确定植物群的性质和时代具有重要意义。

(3) 苏铁杉属在本区占重要地位, 不仅种类全, 数量多, 而且保存较好。这类植

物在宝鼎地区同一剖面中，下部大莽地组极为罕见，上部大箐组种属和数量剧增。这种明显变化，显然对指明植物群的性质和地质时代十分重要。

(4) 种子蕨 (Pteridospermsida) 在本植物群中未出现。

经过多年的研究，徐仁教授根据植物的自然发展阶段，特将中国中生代植物分为五期。

第一期：老种子蕨植物群，主要以肋木 (*Pleuromeia*) 为标志的北方干热植物群，时代为早中三叠世。

第二期：早期苏铁和新种子蕨植物群，时代为晚三叠世。此期又可分为二带，即早期苏铁植物带，时代为晚三叠世早—中期；新种子蕨植物带，时代为晚三叠世中—晚期。前者以大莽地组植物群为代表，其中以苏铁类植物为主、莲座蕨科和双扇蕨科次之，栉羊齿 (*pecopteris*) 较多，苏铁杉极为罕见；后者以箐河植物群为代表，苏铁类略减，真蕨类较多，双扇蕨科仍较多，苏铁杉大量出现。

第三期：中期苏铁和早期银杏植物群，时代为早中侏罗世至早白垩世。此期双扇蕨科日趋衰落，其中的葛蕨属已绝灭；真蕨纲中出现了锥叶蕨 (*Coniopteris*) 等新分子；苏铁类的镰羽叶属和中国篦羽叶属也已绝灭，代之以毛羽叶属 (*Ptilophyllum*) 出现。

第四期：松柏植物群，时代为晚侏罗世至早白垩世。

第五期：老被子植物群，时代为晚白垩世至早第三世。

与上述五期植物群对比，宁蒗植物群中虽缺少种子蕨，就其总貌来看，显然属于第二期植物群。其组成特点与箐河植物群为代表的新种子蕨植物带极为相似。两者比较如表 9—1。

表 9—1 宁蒗与箐河植物群对比表

	蕨 类 Pteridophyta	苏 铁 类 Cycadopsida	松柏类 Coniferopsida	银杏类 Ginkgopsida
宁蒗Ninglang	38%	18%	15%	15%
箐河Qinghe	37%	19.5%	13%	13%

由此看出在植物群基本组成上是一致的，而与大莽地组植物群为代表的早期苏铁植物带显然有别。再考虑到与国外其他晚三叠世中—晚期植物群如越南鸿基植物群，日本成羽植物群，南欧中上考依卜植物群和东格陵兰植物群等性质的一致性 (见表 9—2)。宁蒗植物群应属于中国第二期植物群的新种子蕨植物带，其地质时代应为晚三叠世中—晚期。

二、古地理环境与植物地理区系

以古崑崙—古秦岭—古大别山为界，中国北方广大地区在古生代末期已上升为陆地，整个三叠系为内陆湖泊沉积。而南方广大地区至早中三叠世仍处于广阔浅海。到中三叠世末期，受印支运动影响，地壳显著上升，由北向南逐渐海退。在晚三叠世卡尼

期,当川滇大部地区接受海相沉积时,位于康滇古陆西侧的盐边—永仁一带却沉积厚达千余米的大荞地组煤系,其煤层多达数十层,植物化石极为丰富,以苏铁类植物为主,莲座蕨科也十分发育,但松柏、银杏类植物极少。这些植物的特点清楚地表明,当时该区气候炎热而潮湿,属于热带雨林。从我们在盐边县红坭地区大荞地组所发现的喜马拉雅鱼龙 (*Himalayasaurus tibetense* Dong) 牙齿化石来看,该区可能靠近与古地中海相通的古海湾,显然属于滨海沼泽区。宁蒗地区位于盐边县西侧。大荞地组变为碳酸盐岩—粘土岩沉积,称中窝组,是典型的滨海—浅海环境。但由于康滇古陆的影响,地形高差较大、局部地段处于隆起状态。缺失卡尼—诺利早期沉积,而使背箩山煤系地层直接覆于上二叠统玄武岩或更老地层之上。

晚三叠世中期以后,印支运动再度加强,中国南方进一步上升,海水分别向古太平洋和古地中海退缩,滨海沼泽遍布南方各地,普遍形成厚度不等的晚三叠世中晚期煤系。这些煤系中的植物以箐河植物群为代表,其中苏铁类植物居多,双扇蕨科与莲座蕨科仍十分发育。种子蕨有所增加,说明当时中国南方仍处于热带—亚热带,属于炎热潮湿的海洋性气候。但松柏、银杏类植物显著增多,苏铁类叶体变小,说明当时的气候已出现湿度变小,气温有所下降趋势。本区那时处于古地中海之滨,更靠近康滇古陆,接受了晚三叠世中晚期的含煤沉积。煤系中的植物群与上述各植物群完全可以对比(见表9—2),同属于晚三叠世滨海型植物区系,而与北方延长植物群相比,它们虽是同时期产物,但在植物组成特性上有差别,后者属内陆型植物区系。

本区植物与盐边箐河地区植物相比较,其属种明显减少,莲座蕨科,合囊蕨科的属种均未发现,种子蕨纲极不发育,木贼属基本上未见。但松柏、银杏类植物数量相对增多,表明本区的气温转低,雨量减少,其环境不利于植物大量生长。而且本区煤系层厚度明显减小,岩石颗粒变粗,可见该处地势较高,可能是古地中海东北边缘一个渐升高的山前凹陷,显然是受康滇古陆隆起的影响。

三、化石描述

新芦木属 *Neocalamites* Halle

蟹爪新芦木 *Neocalamites carcinoides* Harris

(照片版6, 3—4)

1931. *Neocalamites carcinoides* Harris;

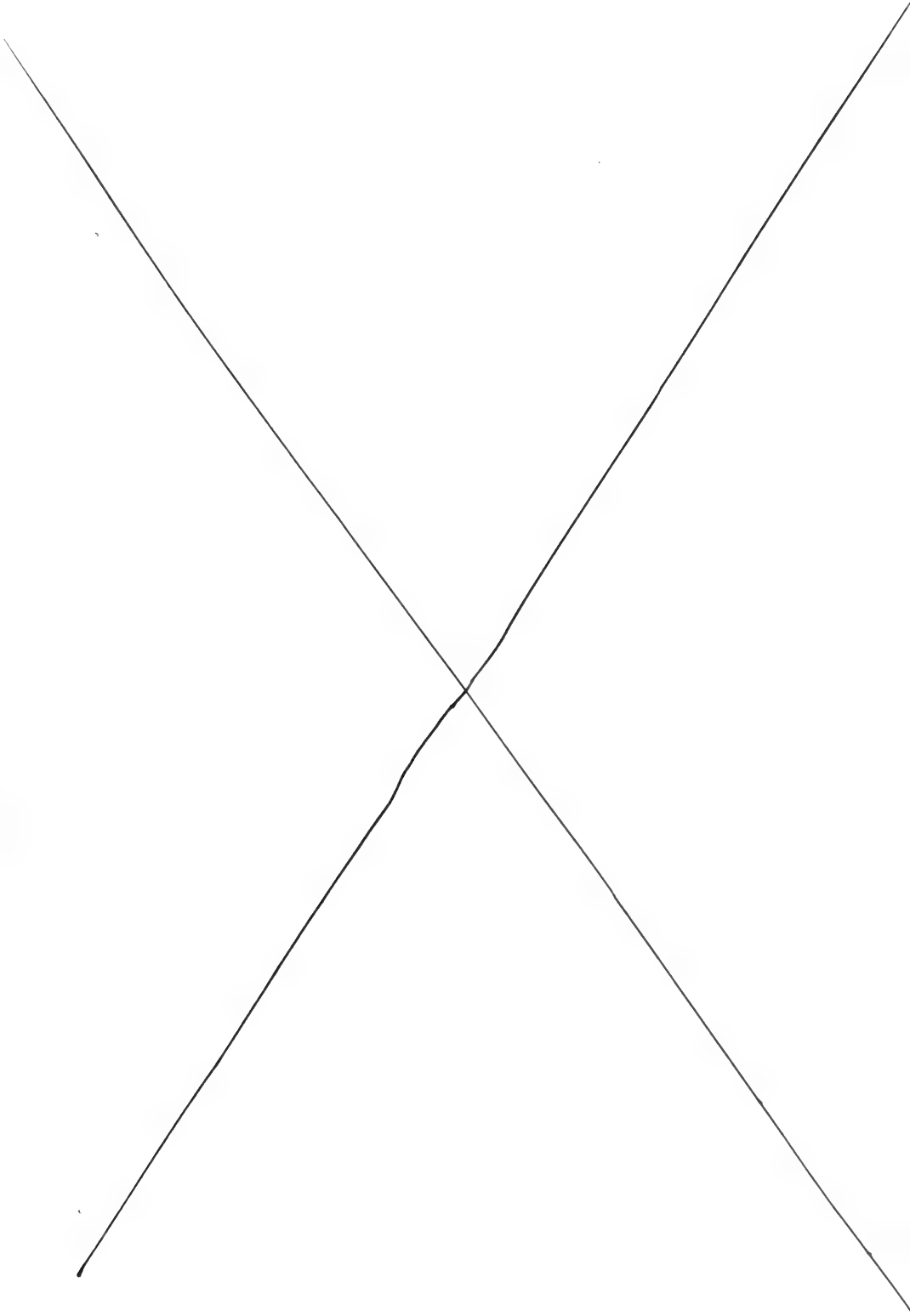
照片版9,图2—3,5—7;照片版10;

照片版11,图1—7。

1979. *Neocalamites corcinoides* Harris, 徐仁等, 第12页。照片版7,图1—2。

标本为部分茎干和带叶小枝,茎干表面具细纵脊和纵沟,分节与节间。节间宽超过10厘米,长度不明;节上具清晰的圆形叶痕,每两个叶痕之间有4—7条纵脊(多为5条)。带叶小枝宽2毫米,节间长3.5厘米,叶轮生于节上。标本上可见10—12枚叶,叶较细长,长超过3厘米;最宽处约3毫米,具单脉。

标本保存较好,与东格陵兰及陕北延长的标本十分相似,应视为同种。



标本号: 7667、7668

拟托蕨属 *Todites* Sew. emend. Harris

葛氏拟托蕨 *Todites goeppertianus* (Münster) Krasser

(照片版 9, 图 2)

1846 *Neuropteris goeppertiana* Münster 见 Goeppert 第 104 页。

1922 *Todites goeppertianus* (Münster) Krasser, 第 355 页。

1931 *T. goeppertianus* (Münster) Krasser, Harris, 第 31 页。

羽状复叶, 末次羽片线形, 小羽片卵形至三角形, 全缘, 顶端钝尖或尖, 互生, 排列较紧, 小羽片的边缘相互接触; 中脉与羽轴约成 $60-70^\circ$ 角, 接近小羽片顶端分叉消散, 侧脉细直, 分叉 $1-3$ 次。

宁蒗标本保存不佳, 多数小羽片叶脉看不清楚, 少数小羽片的叶脉仍可见到, 侧脉分叉 $1-3$ 次, 基本形态仍符合本种的种征。

标本号: 7698。

网脉蕨属 *Dictyophyllum* L. et H.

尖齿网脉蕨 *Dictyophyllum münsteri* (Goep.) Nathorst

(照片版 12, 图 1—2)

1841 *Thaumatopteris münsteri* Goeppert. 1—2, 第 31 页;

照片版 6 和 7; 照片版 8, 图 1—2。

1876 *Dictyophyllum münsteri* (Goep.) Nathorst, 第 29 页。

叶片双扇状, 在叶柄顶端等二歧分叉, 然后合抱成环形。自每一叉轴外侧生出带状羽片, 羽片基部约有 3 厘米互相连合在一起, 再向前则彼此分开。羽片狭窄, 宽 1—2 厘米, 长超过 10 厘米, 羽状半裂, 小羽片长三角形, 前端尖, 并向上弯。叶质较厚, 第一次脉明显, 较直; 第二次脉约以 45° 角自第一次脉生出, 通至每一小羽片之末端, 微向上弯; 第三次脉较弱, 形成多边形网格, 网内有更细小的网眼及内藏小脉。

本种曾出现于欧洲, 日本晚三叠世地层, 在东格陵兰出现于奇叶蕨带 (*Thaumatopteris Zono*) 的下部。现在宁蒗植物群中出现, 为我国首次报道, 我国南方晚三叠世常见的短镰网脉蕨羽片较宽, 基部相连部分较长, 小羽片基部较宽等特征与本种不同。锯缘网脉蕨 (*D. serratum*), 羽片虽然也狭长, 但基部相连部分较短, 仅 1—2 厘米。其小羽片排列较密, 前端钝圆, 与本种亦易区别。狭羽网脉蕨 (*D. exile*), 羽片稍宽, 但基部不相连。小羽片较短, 与末级羽轴近垂直, 因而, 小羽片尽管前端尖, 也可与本种区别开。

本种在该区较丰富, 所产层位偏上。从叶狭长, 叶质较厚来看, 当时的气候可能开始变得干旱, 致使植物的形态发生变化。

标本号: 7674, 7675, 7741。

苏铁杉属 *Podozamites* Braun

稀脉苏铁杉 (新种) *Podozamites rarinervis*

Duan et chen sp. nov.

(照片版 11, 图 5)

技细,粗不足1毫米。叶小,螺旋状着生,但更似两列状排列,披针形。下部最长的叶长3.1厘米,向上渐短,最宽处靠叶中下部,宽4毫米,基部收缩,顶端渐尖。叶脉稀少,每片叶仅有4—6条,均从基部二分叉而后平行至前端汇聚,与两侧边不相交。生殖器官不明。

苏铁杉属在晚三叠世中晚期十分发育,分布极广,以披针苏铁杉(*P. lanceolatus*)分布最广该种叶的大小与形态变化较大。不少作者将此变化定为不同的变种,在箐河植物群一文中针对这种分种的混乱现象,我们作了比较细致的研究。根据对箐河大量的标本的观察,我们认为叶的大小变化不足为分种的依据,而叶形与叶脉的数量是比较稳定的特征,对分种来讲是比较重要的。披针苏铁杉每片叶有13—15条叶脉。稀脉苏铁杉叶虽仍为披针形,但每片叶仅有叶脉6条,细而清晰,同时叶的排列虽然也是螺旋状的但更近于两列互生,与披针苏铁杉不同。本区有几块披针苏铁杉,叶都很小,长均不到1.5厘米,但叶脉都在十条以上,可见与本种不同。线叶苏铁杉叶脉少,与本种相似,有4—6条,但叶特别细长,呈线形,与本种亦易区别。

标本号:7677。

参 考 文 献

- 李佩娟(1964):《四川广元须家河组植物化石》,中国科学院地质古生物研究所集刊,第三号,科学出版社
- 、曹正尧、吴舜卿(1976):《云南中生代植物》,于《云南中生代化石》上册,科学出版社。
- 吴舜卿、叶美娜、厉宝贤(1980):《鄂西香溪群——晚三叠世及早中侏罗世植物化石》,中国科学院地质古生物研究所集刊,第14号,科学出版社。
- 陈 晔、段淑英(1981):《四川盐边县红坭晚三叠世植物群》中国古生物学会第十二届学术年会论文选集,科学出版社。
- 、——、张玉成:《四川晚三叠世箐河植物群》中国科学院植物研究所集刊,第二号,科学出版社。
- 周统顺(1978):《福建中生代含煤地层及其植物化石》,于《地层古生物论文集》第4辑,地质出版社。
- 胡雨帆、段淑英、陈 晔(1974):《四川雅安中生代含煤岩系的植物化石及其地质时代》《植物学报》,16卷,2期。
- 段淑英、陈 晔(1982):《四川盆地东部中生代含煤地层及植物化石》,于《四川盆地陆相中生代地层古生物》,四川人民出版社。
- 徐 仁等(1979):《中国晚三叠世宝鼎植物群》科学出版社。
- 斯行健(1956):《陕北中生代延长层植物》,中国古生物志、新甲种第5号。
- 、李星学等(1963):《中国中生代植物》《中国各门类化石》《中国植物化石》第二册。科学出版社。
- Harris, T. M. (1931—1937): The fossil flora of Scoresby Sound, East Greenland, pt. I—V. *Medd. om Grndland*, 68—112.

- Nathorst, A. G. (1878—86): om floran i Skånes Kolförande Bildnigar, 1. Eloran vid Bjuf. Sver. Geol. Unders., Ser. C, 27, 33, 85.
- Öishi, S. (1932): The Rhaetic plants from the Nariwa District, Prov. Bitchu (Okayama Prefecture). *Jap. Journ. Fac. Sci. Hokk. Imp. Univ.*, Ser. 4, 1 (3—4).
- Zeiller, R. (1902—03): Flora fossile des gîtes de Charbon du Tonkin. Études des gîtes minéraux de la France. Paris.

照片版说明

(未注明倍数者均为原大)

照片版 6 Plate 6

- 1—2 *Neocalamites carrerei*
3—4 *N. carcinoides*.

照片版 7 Plate 7

- 1—2 a *selaginella yunnanensis*, 2 a, x3
3—3 a *Asterotheca latepinnata*, 3 a x3
4—4 a *Todites princeps*, 4a, x3
5—6 *T. denticulata*
7 *Strobilites* sp.
8 *Cycadocarpidium* (cone axis type)

照片版 8 Plate 8

- 1 *Cladophlebis kaoiana*
2 *Dictyophyllum munsteri*
3 *D. nathorsti*
4 *Pterophyllum firmifolium*
5 *Clathropteris tenuinervis*

照片版 9 Plate 9

- 1 *Goeppertella microloba*
2 *Todites goeppertianus*
3 *Thaumatopteris remauryi*
4—5 *pterophyllum pinnatifidum*
6 *Nilssoniopteris tenuinervis*
7 *Drepanozamites nilssoni*

照片版 10 Plate 10

- 1—2 *Sinoctenis calophylla*
3 *S. yunnanensis*
4 *Baeira multipartita*
5 *B. concinna*
6 *B. asadai*

照片版 11 Plate 11

- 1 *Glossophyllum shensiensis*
- 2—3 *Taeniopteris lanceolata*
- 4 *T. cf. stenophylla*
- 5 *Podozamites rarinervis*
- 6—7 *P. lanceolatus*
- 8—9 *Ferganiella podozamioides*
- 10 *Podozamites schenki*
- 11 *carpolithus* sp. ,
- 12 *Cycadocarpidium erdmanni*
- 13 *Stenorachis lepida*

照片版12

Plate 12

- 1—2 *Dictyophyllum munsteri*
- 3 *D. nathorsti*
- 4 *Anomozamites cf. gracilis*
- 5 *Cycadocarpidium erdmanni*
- 6 *Clathropteris platyphylla*

LATE TRIASSIC FLORA OF NINGLANG DISTRICT, YUNNAN

Duan shuying, Chen Ye and Chen Minghong

(Institute of Botany, Academia sinica)

Abstract

In this paper 40 species assigned to 23 genera of fossil plants collected from Ninglang district, Yunnan province, are described. One species of them is described as new.

The dominant groups of this flora are Filicopsida and Cycadophyta. Filicopsida consists of 15 species in 9 genera, of which members of Dipteridaceae are abundant. Gycadophyta consists of 8 species in 5 genera. Ginkgoales and Coniferales both consist of 6 species in 3 genera.

The character of this flora closely resembles Qinghe, Yipinglong and Xujiuhe floras. All of them are assigned to the same age, the middle Keuper-Rhaetic of Upper Triassic. They belong to the tropic zone of the southern part of Northern Hemisphere.

Description of a new species-----*Podozamites*

rarinervis Duan et Chen, sp. nov.

(Pl. 6, fig. 5)

Form and size of the whole leaf unknown. Axis thin, 1 mm. across. Leaves small, lanceolate, the lowest is longer, about 3.1 cm. long, 4 mm. wide. Veins fine and conspicuous, lesser in number, only six in each

leaf, forked at the base and running parallelly, convergent at the tip.

In general, this new species closely resembles *P. lanceolatus* in the shape of leaf. But the number of veins in a leaf is very different, from the latter, which is 13-15 in number but the former is only six.

No. 7677

10. 滇西海相侏罗系再研究

孙东立 陈丕基 陈金华
曹美珍 潘华璋 何国雄

(中国科学院南京地质古生物研究所)

侏罗纪时, 滇西位处古地中海东部边缘。由于这一特殊的古地理位置, 地质学界十分重视这里的海相及海陆交互相地层的研究, 认为它是解决我国南方及至东亚地区陆相侏罗系分统分阶问题的关键。

自Reed (1924, 1927) 描述报导由Brown (1916)采集的保山“柳湾层”化石, 并鉴定其时代属巴通价(Bathonian)以来, 先后有不少人在滇西作过调查, 其中较详细的是尹集祥、方仲景 (1973) 的报导, 他们的划分意见如下:

J₃ 弄坎组

J₂³ 龙海组

J₂² 柳湾组

J₂¹ 勐戛组

J₁ (缺失)

以上时代意见特别是海相层柳湾组和龙海组的时代意见在我国影响颇大, 近期发表的一些论著多把它作为划分对比的主要依据 (《云南中生代红层》, 1975; 《云南中生代化石》, 1976; 《西北地区古生物图册》, 青海分册, 1979; 顾知微, 1982)。

1981年秋, 我们对保山、龙陵、潞西和畹町地区的侏罗纪地层作了重新研究, 发现长期以来有关本区勐戛组、柳湾组和龙海组的生物地层学工作中存在着一些重要问题值得提出来再作讨论。

一、代表性剖面

Reed (1927) 提出的“柳湾层” (Liu Wun beds), 标准命名地位于保山—腾冲公路34—38公里处。1965年出版的百万分之一下关幅地质图首次发表了柳湾剖面, 并划分为六层。但尹集祥、方仲景 (1973) 在引用别人观察结果时认为“该处侏罗系剖面的层序因断层关系出露不全, 并有多处被掩盖”, 因而主张用龙陵大田垭口 (即寨岗岭) 剖面代之。经我们观察, 柳湾剖面除顶、底部少量地被断层破坏外, 主体部分保存完整, 它的上部地层又比别处发育; 更兼它是柳湾组的标准地点, 并有丰富的生物化石, 作为代表性剖面比之大田垭口剖面更为优越 (见表10—1)。潞西勐戛—龙海剖面及弄坎剖面

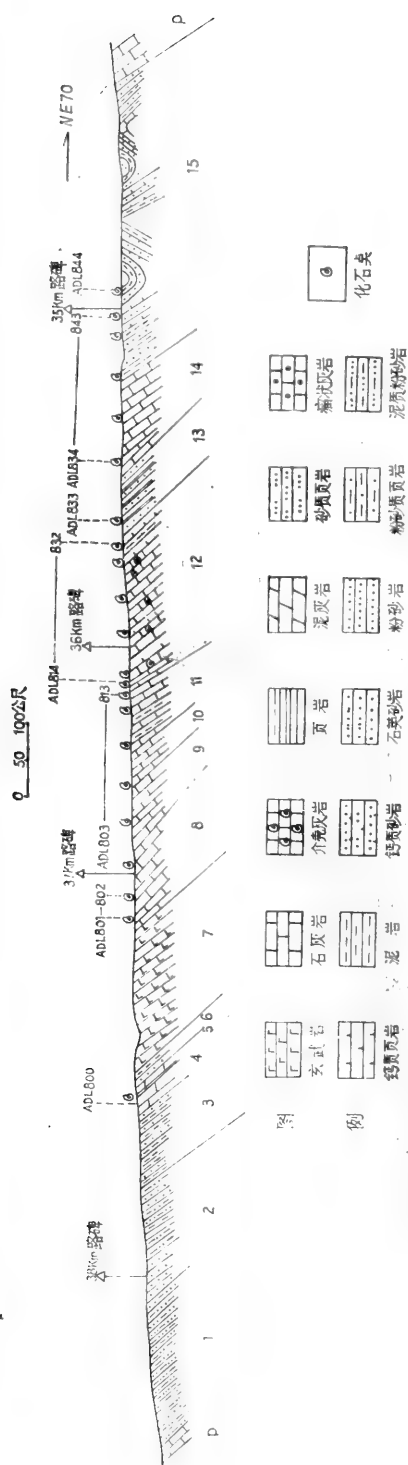


图 10—1 云南保山柳湾侏罗系实测剖面图

虽均不甚完整,并有较明显的岩相变化。但作为勐戛组、龙海组和弄坎组的标准命名地,也值得研究,以便对比。现将我们重新测制的柳湾剖面(见图10—1)进一步描述:

二叠纪灰岩

——断 层——

弄坎组(?)

15. 紫红色泥岩、砂岩。底部蓝绿色砂泥岩和泥灰岩扁豆体。含双壳类*Modiolus* sp., 轮藻(ADL840);上部夹多层灰绿色钙质泥岩,产腹足类、介形类、轮藻、双壳类等化石(ADL841—844)。357.4米。

柳湾组

14. 灰黑色致密厚层状灰岩,产有孔虫*Textularia* sp., *Glomospira* sp. (ADL834—839)。114.8米
13. 黄绿色、紫红色砂岩、砂质页岩互层,夹少量灰色页岩,产叶肢介和双壳类*Quenstedtia* sp., *Corbula* sp., 79.6米。
12. 薄层灰色钙质页岩与泥质灰岩互层。产丰富的腕足类和双壳类,形成多层介壳灰岩、牡蛎层。向上泥岩增多,灰岩减少,有时灰岩成中厚层状。(ADL814—832)双壳类*Pseudolimea duplicata* (Sowerby), *Quenstedtia xizangensis* Wen(ADL815);腕足类*Kutchithyris oliveformis* Reed, *Burmihynchia prastans* Reed, *Avonothyris distorta* Ching, Sun et ye, 双壳类*parvamussium purnilum* (Lamarck), *Camptonectes* (C.) *lens* Sowerby (ADL816);腕足类*Kutchithyris* cf. *amdoensis* Sun, *Kallirhynchia namtuensis* Buckman, *Burmihynchia luchiangensis* Reed, *B. shanensis* Buckman, *Holothyris tanggulaica* Ching, Sun et ye(ADL817, 818);双壳类*Camptonectes* (C.) sp. nov., *C. (C.) lens* Sowerby *Meleagrinella nienixionglaensis* Wen, *Myopholella huhxilensis* wen, *Goniomya* cf. *trapezicosta* (Pusch.) (ADL820);腹足类*Eucyclus* sp., 双壳类*Lopha zadoensis* Wun, 腕足类*Kutchithyris* cf. *mulaensis* sun(ADL822), *Burmihynchia flabilis* Ching, Sun et ye, *B. porva* (Buckman) (ADL823), 双壳类*Liostrea birmanica* (Reed) (ADL824), *prnoella Kidugalloensis* Cox, *Anisocardia* cf. *didimtuensis* Cox (ADL826), *Ceratomya Concentrica* (Sowerby) (ADL830)。200.2米。
11. 灰色钙质泥岩与中薄层灰岩互层,夹少许泥质瘤状薄层灰岩。产双壳类*Lucinola cingulata* (Terquem), *L. of. hasei* (Hayami) (ADL809—810)。84.2米。
10. 灰色薄层—中厚层灰岩与钙质页岩互层,产介形类和双壳类化石(ADL807, 808)。42.7米。
9. 灰黑色中层—薄层灰岩,产双壳类*Entolium* cf. *nienixionglaense* Wen, 介形类及有孔虫*Labyrinthina* sp., *Glomospira* sp., *Textularia* sp., *Nodosaria* sp. (ADL803—806)。83.7米。
8. 厚层黑色灰岩,产介形类、有孔虫*Labyrinthina* sp., *Glomospira* sp., *Aulotortus* sp., 双壳类*Parvamussium* sp. (ADL801—802)。104.2米。

勐戛组

7. 灰黑色玄武岩, 风化后草绿色。197.2米。
6. 紫红色块状泥岩夹薄层暗紫色细砂岩。18.6米。
5. 灰黄色黄斑泥灰岩, 与紫红色泥岩互层。13.3米。
4. 灰黄绿色厚层状泥灰岩, 产双壳类 *Luciniola cf. problematica* (Terquem) (ADL 800)。21.0米。
3. 紫红色块状至薄层状粉砂质泥岩与中厚层状灰紫色石英细粉砂岩互层。88.5米。
2. 厚层紫红色细砂岩与紫红色块状泥质粉砂岩互层, 夹少许黄绿色厚层斑砂岩。136.2米。
1. 紫红色块状泥质粉砂岩夹少量厚层暗紫色石英细砂岩, 底部含砾。152.7米。

——断 层——

二叠纪灰黑色中厚层状灰岩

柳湾剖面总厚1694.3米, 与1965年的下关幅地质图相比, 我们所测增加了上部的紫红色碎屑岩层(指本文15层), 而这一层也被历来研究者所忽视; 我们从上下接触关系及化石面貌看, 此层整合于柳湾组之上, 并大致与溇漾、巍山等地的坝注路组相当。由于尹集祥、方仲景(1973)已命名柳湾组的上复侏罗纪地层为弄坎组, 而弄坎组又无化石依据, 故本文暂将这段地层归入弄坎组, 待详细研究其化石后再行归组。柳湾组在本剖面上大致由三部分组成, 即上灰岩(14层), 泥岩与泥灰岩互层(10—13层)和下灰岩(8—9层)。上灰岩及下灰岩在岩性上均较特征。化石以有孔虫和介形类为主, 在地层对比中颇有意义; 中部的泥岩与泥灰岩互层段富含腕足和双壳类化石, 特别引人注目的是12层的小嘴贝—穿孔贝—牡蛎层, 很多属种广泛分布于滇西各地, 并稳定地出现在青海南部、西藏北部和东部、滇南等地, 可以作为区域范围对比的“标志层”。本剖面的勐戛组, 以红层为主, 顶部有火山岩层(第7层), 其岩性十分相似于滇南张科寨组及巍山等地的田口组。我们在勐戛组的泥灰岩夹层中首次发现的海相双壳类 *Luciniola cf. problematica* (早侏罗世), 似为这些地层的时代提供了依据。

二、勐戛组的含义

潞西勐戛—龙海剖面, 是勐戛组的标准命名地, 当时(尹集祥、方仲景, 1973)本组包括三个岩性段: ①下段, 紫红色碎屑岩, 厚492米; (2)中段, 灰岩和白云质灰岩, 厚50米; (3)上段, 紫红、杂色碎屑岩(315米)。我们在这一剖面观察时, 除下段底部采集到一层介形类化石外, 还发现中段和上段实际上是保山柳湾剖面柳湾组下部的相变。因为中段的岩性虽然有些变化, 但其中所含双壳类化石 *Parvamussium* 完全相同于柳湾剖面第8层。再从我们对柳湾剖面所作的海侵曲线看(见表10—1), 本区有过两次海侵高潮, 即柳湾剖面第8层和第14层。而勐戛剖面的勐戛组中段恰好正是第一个海侵高潮期的产物。由此, 我们可以比较准确地将标准剖面的下段与柳湾剖面的1—7层对比, 而将中、上段与8—11层对比。这样, 它的中、上段实际上与柳湾组下部是相互重复关系。考虑到柳湾组命名在先, 同时也注意到尹集祥、方仲景(1973)在龙陵大田垭口剖面上, 将勐戛组的顶界划在火山岩层与灰岩层间(这一界线与柳湾剖面一致)。因此, 我们主张将标准剖面

上勐戛组的含义作一修订,即仅包括它的下段(该剖面未见火山岩),在有火山岩的地区(龙陵、保山),这一组应包括下红色碎屑岩和火山岩。

三、关于龙海组

龙海组的标准命名地亦在潞西勐戛—龙海剖面上,岩性为黄绿色碎屑岩。产大量双壳类及腕足类化石,初步鉴定的双壳类有*Camptonecfa*(*C.*) *lens*, *Liostrea birmanica*, *Lopha zadoensis*, *Meleagrinella nientexionglaensis*, *Goniomya* sp., *Corbula* sp., *Pteroperna* sp., *Modiolus* sp.等。这个化石群与保山柳湾剖面的柳湾组中部相同,而且也相同于本剖面上“柳湾组”的面貌。从沉积特征看,这个剖面的龙海组厚200米,“柳湾组”厚121米,再加上原“勐戛组”的中上段365米,共686米,这个厚度与柳湾剖面的柳湾组(709.4米)相近。但两地的“柳湾组”相比,同一沉积区且岩性相同的地层厚度相差五倍之多,很难设想它们所占用的沉积时间是相等的。因此,我们认为标准命名地的龙海组是柳湾组中部的相变,“龙海组”一名可以废弃。

表10—1 滇西海相侏罗系划分对比表

时代	海侵曲线	保 山 柳 湾		潞西勐戛 —龙海	龙 陵 大田垭口	潞西弄坎	晚 町
J ₃		弄坎组 (?)	15层			弄坎组	
J ₂		柳湾组	14层	“龙海组”	“龙海组”		“龙海组”
			13层				
			12层	“柳湾组”	柳湾组	“柳湾组”	柳湾组
9—11层			中、上段				
8层							
J ₁		勐戛组	7层	勐戛组 下 段	勐戛组		勐戛组
			5—6层				
			4层				
			1—3层				

四、下侏罗统的存在

以往,关于滇西海相侏罗系“属中侏罗世”或“巴通阶”的认识,主要来源于对柳

湾组中部腕足类 *Burmirehynchia*—*Holcothyris* 组合和双壳类 *Camptonectes lens*—*Liostrea birmanica* 组合的研究 (Buckman 1916; Reed 1924, 1927; 《云南中生代红层》1976; 尹集祥、方仲景, 1973; 顾知微, 1982)。但是, 这个时代意见只能指滇西海相侏罗系的一部分, 而不能包括它的全部。仅从我们现在获得的保山柳湾剖面化石资料看, 它的下部应该有以下侏罗统, 例如: 柳湾剖面第4层的双壳类 *Lucinola* cf. *Problematica* (ADL800), 原种型产于卢森堡下侏罗统下部 Hettangian 阶 (Terquem, 1855), 类似的标本也曾见于我国广东和湖南早侏罗世 Sinemurian 阶 (陈金华, 1982)。柳湾组下部 (第9层) 的双壳类 *Entolium* cf. *nienixionglaensis* (ADL803), 原种型产于我国西藏南部聂聂雄拉组下组 (文世宣等, 1976), 后者有菊石并确定为早侏罗世 (赵金科, 1976)。同层位 (第8—9层) 的有孔虫 (ADL801, 803) 比较丰富, 有 *Labyrinthina* sp., *Glomospira* sp., *Textularia* sp., *Nodosaria* sp. 等 (张遵信鉴定), 虽然这三个属的时代历程较长, 但 *Labyrinthina* 仅限于中国、欧洲和澳大利亚的晚三叠世和早侏罗世, 从含有孔虫地层的岩性和其它生物群面貌看, 不可能属晚三叠世沉积。比上述层位略高一些, 在第11层内还产双壳类 *Lucinola cingulata* 和 *L. cf. hasei* (ADL809), 这两个种以往曾分别发现于法国、卢森堡里阿斯统下部 (Terquem, 1855; Terquem and Piette, 1868)、日本东长野组下部 (Hayami, 1959) 及我国湖南南部、广东西部的金鸡组, 而尚未见于更高的层位。此外, 在龙陵大田垭口剖面的柳湾组下部灰岩中, 还发现双壳类 *Proto-cardia* cf. *africa* Cox, *Astarte voltzii* Goldfuss 等里阿斯期属种, 它们分别可与肯尼亚下侏罗统 Toarcian 阶和英国、德国里阿斯统有关标本比较。因此, 我们认为滇西的海相侏罗系中包括了下侏罗统地层, 而这些地层的层位均位于前面提到的中侏罗世 *Burmirehynchia*—*Holcothyris* 腕足类组合及 *Camptonectes lens*—*Liostrea birmanica* 双壳类组合所在层位之下。

五、巴柔阶与巴通阶的区分

腕足类和双壳类特别丰富的柳湾组中部, 与缅甸 Namyau 层是相当的, 其中腕足类据 Buckman (1917) 研究, 与英格兰巴通阶相同。近据金玉玕等 (1979) 及孙东立 (1982) 对比, 被命名为 *Burmirehynchia*—*Holcothyris* 组合的许多属种也分布到藏北、青南的雁石坪群, 以此相似。本区的双壳类 *Camptonectes lens*—*Liostrea birmanica* 组合也具有同样的分布范围 (张作铭等, 1979)。但令人感兴趣的一个问题是, 上述腕足类和双壳类的两个组合在柳湾剖面上是紧接着早侏罗世动物群出现的。前者出现在第12层 (少量延续到第13层); 后者出现在第4—11层。如果这个腕足—双壳类动物群是属于巴通阶, 那么中侏罗世早期的巴柔阶 (Bajocian) 在此剖面上就应被解释为缺失, 然而地层却是连续的, 中间也未见无化石层存在。同时, 我国西藏南部聂聂雄拉中组的双壳类生物群与柳湾组中部双壳类组合的相似性, 也使我们感到有必要对本区巴柔阶的存在与否作进一步讨论。据我们对比, 这两处至少有以下种是相同的: *Camptonectes lens*, *Parvamussium pumilum*, *Myopholella* cf. *pulchella*, *Meleagrinella nienixionglaensis*, *Goniomya* cf. *trapezicosta*, *Ceratomya concentrica*, *Pseudolimea duplicata* 等。显示出

两者间有密切的关系,而聂聂雄拉中组的时代已被菊石化石证明属巴柔阶。但是,这样的对比关系却与以往关于柳湾组中部“属巴通阶”的结论有了矛盾。所以,我们认为,本区巴柔阶和巴通阶同时存在的可能性是很大的,关键是进一步加强对生物群的研究和划分。

六、卡洛维阶及上侏罗统问题

孙东立在研究青海雁石坪群腕足类生物群时(见金玉玕等,1979),曾区分出卡洛维阶(Callovian)一个腕足组合(*Kutchithyris dsnggensis*—*Thurmanella rotunda*组合),滇西并不存在这个组合。但是,柳湾组上部(第14层)及弄坎组(?)共500余米地层由于化石较少而未曾确定它们的确切时代(从初步观察,其中化石面貌不同于柳湾组中部巴柔阶至巴通阶化石),这段地层能否代表卡洛维阶至上侏罗统呢?我们暂作这种处理,以待今后进一步验证。

参 考 文 献

- 中国科学院南京地质古生物研究所(1976—1977):《云南中生代化石》(上、下册),科学出版社。
- 等(1975):《云南中生代红层》,科学出版社。
- 等(1979):《西北地区古生物图册》青海分册(一),地质出版社。
- 文世宣等(1976):《珠穆朗玛峰地区的瓣鳃类化石》《珠穆朗玛峰地区科学考察报告,古生物》第三分册,科学出版社。
- 尹集祥、方仲景(1973):《滇西海相侏罗系》,于《地质科学》(1973)3期。
- 金玉玕等(1976):《珠穆朗玛峰地区中生代及新生代腕足动物群》,于《珠穆朗玛峰地区科学考察报告,古生物》第二分册,科学出版社。
- 顾知微(1982):《浅说我国非海相中生界研究的海相层检验法》,于《古生物学报》21卷1期。
- Brown, J. C. (1916): Contribution to the geology of the Province of Yunnan in western China. V. Geology of Parts of the Salween and Mekon valley. Rec. Geol. Surv. India, vol. 47, pt. 4.
- (1936): IX. The brachiopoda beds of Liu-Wun and related beds in the Shan States and Indo-China. Rec. Geol. Surv. India, vol 71, pt. 2.
- Buckmann, S.S. (1917): The brachiopoda of the Namyau beds, Northern Shan States, Burma. Pal. Indica, N.S., vol. 3, no. 2.
- Reed, F.R.C. (1924): Provisional list of palaeozoic and mesozoic fossils collected by Coggin Brown in Yunnan. Rec. Geol. Surv. India, vol. 55, pt. 4.
- (1927): Palaeozoic and Mesozoic fossils from Yunnan. Pal. Indica, N. S., vol. 10, No. 1.

**RESTUDY ON THE MARINE
JURASSIC OF WESTERN YUNNAN**

Sun Dongli, Chen Piji, Chen Jinhua,

Cao Meizhen, Pan Huazhang and He Guoxiong

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

(Abstract)

The marine Jurassic of Western Yunnan was formerly subdivided into four formations (in ascending order), the Mengga Fm., the Liuwan (Liuwun) Fm., the Longhai Fm. and the Longkan Fm. The former three formations yielding abundant fossils were commonly considered to be Middle Jurassic, mainly Bathonian, in age. The writers recently restudied the faunas from these formations and believe that: The lower part of the famous Liuwan Formation and the upper part of the Mengga Formation might be Early Jurassic age depending on the bivalves and foraminiferans; The brachiopods-bearing beds, containing brachiopods of *Burmihynchia*---*Holcothyris* assemblage and bivalves of *Camptonectes lens*---*Liostrea birmanica* assemblage which widely distributed in South Qinghai, North and East Tibet and South Yunnan, may be Bajocian to Bathonian age; The Mengga Formation of the type-locality is partly duplicated with the Liuwan Formation, its lithological meaning is indispensably revised here; The Longhai Formation has an equivalence to the middle part of the Liuwan Formation based on the faunal and lithological features, its name is suggested to ought be abandoned.

11. 横断山南部—云南临沧地区新生代植物群

陶君容 陈明洪

(中国科学院植物研究所)

横断山脉位于青藏高原东侧，与喜马拉雅山系东部延伸处相连。其山势雄伟、高耸仅次于喜马拉雅山系主峰群，论及高山纵谷算是首屈一指。

如此气势磅礴的山系是晚三叠世印支运动后，伴随海退方初露成陆。在漫长的地史长河中，几经地壳运动则形成今日巍巍之岭。现该区由于山高谷深，其气候垂直变化明显，由此形成丰富繁茂的植物。植物的演变发展总是与自然环境的变化及其他生物的发展变化有着密切地联系。该区现代植被的多姿体态，其形成的原因，必然追溯其历史—即植物区系的发展和演变。通过近几年对横断山南部、中部地区新第三纪植物群的研究，促进了对本区植物区系发展史的了解，但因材料有限，使很多问题尚待继续探索。近几年我们在横断山区南部、中部及北部地区工作中，着重收集了该区新生代化石植物，现仅对临沧地区的化石材料作一初报。*

一、临沧地区的自然概况

临沧地区位于云南的西南边陲，地处横断山南部，毗邻的怒山山脉南部坡脚，东部和西部分别为澜沧江和怒江，南连缅甸紧接中印半岛。该区为深渊峡谷、低丘、盆地交替分布的山区。

本区处于北回归线横跨区，纬度较低，约为北纬 23° — 24° ，东经 $98^{\circ}50'$ — 100° 。由于受到低纬度海洋性气团和热带干印度气团的深刻影响，因而形成了典型的热带季风气候。年平均气温 16°C — 18°C ，一月平均气温 3°C — 8°C ，七月平均气温 28°C — 30°C 。该区因受印度洋季风控制，冬季较温暖而夏季较凉爽，年降雨量 1400 — 2100 毫米，但降水分配不均，形成夏雨冬干，干湿明显的气候特征。反映在植被上以具有雨林特征的热带沟谷林和大片热带季雨林，植物种类复杂。

这里所指临沧地区包括临沧、勐托、勐旺、邦卖等数个山间盆地，行政区划上均属临沧专区。这些盆地中多为陆相堆积，常为新第三系的沉积物，多为页岩、细砂岩、粗砂岩构成，可见薄的煤层，煤层内含稀有金属矿，其基底为燕山期花岗岩。

产化石的具体层位根据二〇九队及云南地质队在本区多年工作的基础，划分如下：

N_2 为灰白色砂岩或砂粒岩，夹有煤层。在邦卖此层内有粘土粉砂岩、含炭砂岩。

N_1 为灰白色或浅黄色粉砂粘土质砂藻土。该层产植物化石，保存较好，层厚 60

注：参加该区化石采集的还有本所王志敏同志及二〇九队的同志，特此致谢。

—100米。

N₁¹ 砂岩夹含炭粘土质粉砂岩或粘土质砂岩，夹煤层。该层在勐托含植物化石，层厚180—260米。

N₁¹⁻³ 为砂岩、砾岩、粉砂粘土岩，煤层发育，厚约300米。

其下为花岗碎屑岩或花岗质砂岩，有煤层。

二、植物组合

植物化石主要采自勐托和邦卖两个盆地。在勐旺可见到保存不全的叶子印痕，临沧盆地未见植物化石。三个化石点共采集标本300余号，经整理鉴定出61种，有种名及习性、叶缘特征（见表11—1），分属28科48属。除两种裸子植物外，全为被子植物。在59种被子植物中，藤本植物4—5种，水生草本植物一种，其余均为乔灌木。这些植物种类有11种描述为新种。

表11—1 化石名录、习性及叶缘特征

种 名	地 产			习 性				叶 缘 特 征		其他
	勐托	邦 卖 (中寨)	邦 卖 (茅草地)	乔木	灌木	常绿	落叶	全缘	具齿	
Pinus sp.	*			*		*				
Picea sp.		*		*		*				
Magnolia sp.	*			*		*		*		
Uvaria linczangensis		*				*		*		藤本
Cinnamomum sp.	*	*		*		*		*		
Lindera cf. caudata			*	*		*		*		
Lindera fragrans			*	*				*		
Litsea cubeba	*			*			*	*		
Litsea purgens			*		*		*	*		
Litsea rubescens			*		*		*	*		
Nothapheobe cf. cavaleriei		*				*		*		
Ficus cf. auriculata	*	*		*		*		*		
Castanopsis ceratacantha		*		*		*			*	
Castanopsis indica	*			*		*			*	
Lithocarpus neriifolium	*		*	*		*		*		
Quercus acutissima			*	*		*		*		

种 名	产 地			习 性				叶 缘 特 征		其他
	勐托	邦 卖 (中寨)	邦 卖 (茅草地)	乔木	灌木	常绿	落叶	全缘	具齿	
<i>Quercus paraschottkyana</i>	*			*		*			*	
<i>Quercus cf. griffithii</i>	*			*			*		*	
<i>Alnus sp.</i>	*			*			*		*	
<i>Betula austro-sinensis</i>			*	*			*		*	
<i>Carpinus pubescens</i>			*	*			*		*	
<i>Myrica esculenta</i>		*			*	*		*		
<i>Myrica lineata</i>		*			*	*			*	
<i>Myrica nana</i>	*		*		*	*		*		
<i>Engelhardia cf. colebrookiana</i>	*			*		*		*		
<i>Engelhardia protocerrata</i>	*			*		*			*	
<i>Juglans regia</i>			*	*			*	*		
<i>Populus bonatii</i>	*			*			*		*	
<i>Ardisia virens</i>	*				*	*			*	
<i>Cotoneaster salicifolius</i>	*				*		*	*		
<i>Sorbus folgneri</i>	*						*		*	
<i>Albizzia juligreissii</i>	*	*	*	*			*	*		
<i>Albizzia miokalkora</i>	*		*	*			*	*		
<i>Dalbergia prehupeana</i>			*	*		*		*		
<i>Dalbergia yunnanensis</i>	*	*		*				*		
<i>Dalbergia sp.</i>	*		*	*				*		
<i>Desmodium preracemosum</i>		*			*			*		
<i>Gleditsia miosinensis</i>	*			*			*		*	
<i>Leguminosites chinensis</i>			*	*			*	*		
<i>Pueraria prethomsonii</i>	*		*					*		藤本
<i>Pueraria yunnanensis</i>		*						*		藤本
<i>Robinia linczangensis</i>	*			*			*	*		
<i>Sophora miojaponica</i>	*	*		*			*	*		

种 名	产 地				习 性				叶 缘 特 征		其他
	劫托	邦 卖	邦 卖	邦 卖	乔木	灌木	常绿	落叶	全缘	具齿	
<i>Syzygium. protocumini</i>			*	*		*			*		
<i>Trapa pretojaponica</i>	*										水生
<i>Rhus miosuccedanea</i>	*	*	*	*				*	*		
<i>Pistacia miiochinensis</i>	*	*		*				*	*		
<i>Acer trifoliatum</i>		*		*				*		*	
<i>Acer sp.</i>	*		*	*				*			
<i>Meliosma linczangensis</i>			*		*	*				*	
<i>Alangium aequifolium</i>	*		*	*				*	*		
<i>Koelreuteria sp. A</i>	*			*				*		*	
<i>Koelreuteria sp. B</i>	*			*				*		*	
<i>Euonymus sp.</i>	*				*	*			*	*	
<i>Alphitonia cf. philippinensis</i>	*								*		
<i>Berchemia cf. polyphylla</i>	*				*					*	攀援
<i>Berchemia yunnanensis</i>	*				*				*		攀援
<i>Ligustrum linczangensis</i>		*		*		*			*		
<i>Osmanthus pregragrans</i>			*		*	*			*		
<i>Strychnos cf. cheliensis</i>			*		*	*			*		
<i>Wedlandia olivacea</i>	*			*		*			*		
总 计 61种											

这些化石植物与该区现代生存的植物种类比较就颇为逊色。但从这仅有的60余种化石植物亦可推测、想象它们往昔面貌的主要特点。由此看出当时植物区系的组合特征；再从叶子外貌特征的分析来推测当时的古气候。

在被子植物中，豆科植物11种，壳斗科6种，樟科6种，桦木科、蔷薇科、胡桃科、鼠李科各3种，其他各科1—2种。其突出特点在豆科植物种数较多，其中*Dalbergia*有3种，保存有叶和果实的印痕化石。该属现代约百种以上，分布于全球热带地，*Pueraria*分布于印度至日本，南至马来亚。桃金娘科的*Syzygium*属主要分布于热带亚洲，非洲和大洋洲仅少数种。紫金牛科的*Ardisia*主要分布于热带美洲、太平洋群岛、印度及亚洲东南部；在我国现存种分布于长江以南各省。胡桃科的*Engelhardia*现存种主要分布在亚洲东部热带及亚热带地，越南、缅甸、印度、尼泊尔；在我国主要分布于云、贵、广西、广东的海南。鼠李科的麦珠子属（*Alphitonia*）亦分布于波利尼西亚群岛、大洋洲、印度

尼西亚、菲律宾、马来西亚；我国仅云南南部及海南分布 1 种。马钱科的 *Strychnos* 产于全球热带地区；我国云南南部至西部有生存种。番荔枝科的 *uvaria* 大部产于亚洲热带。*Ficus* 属大部产于热带地区。樟科亦是产于热带及亚热带地区的植物。*Castanopsis* 主产亚洲热带和亚热带地区；在我国主要分布于长江流域以南各省。*Lithocarpus* 主产亚洲东南部。茜草科的 *Wendlandia* 分布于亚洲热带或亚热带。组成该植物群的这些分子，据其现代分布多是来自南部印度、马来亚的成分。

从植物区系组成多为热带至亚热带的种属，但其中亦保留了部分温带植物区系的成分如 *Betula* *Carpinus*、*populus* 及蔷薇科的 *Sorbus* 等。这些组成分子明显地反映出该区在新第三纪时期发生了温带和东南亚印度、马来西亚植物区系成分的混杂及相互渗透。因而在临沧的新第三纪植物群中具有不少印度、马来亚的热带亚热带分子，同时又具一些温带植物成分。

该植物群组成的种类比较丰富，而每个种的个体数目不多，这是热带森林植被的特点之一。这个组合反映出当时植被的垂直分带性，如 *Dalbergia Albizzia*、*syzygium*、*Ficus*、*Engelhardia* 等是组成现代季雨林乔木层的种类。推测当时在地势低平处分布着热带季雨林；到坡地上分布着常绿阔叶林以 *Lithocarpus* *Castanopsis* 常绿的 *Quercus* 和樟科的若干种类组成；更高处则出现一些落叶阔叶 *Betula* *Caopinus* *populus* 及针叶树等。

从该植物群的植物习性及其叶子外貌特征来分析，其中绝大多数为乔灌木，并以常绿阔叶植物占大多数。以叶的外貌特征分析，全缘叶占 60% 以上；叶的大小，多数为中型叶，叶大型的（长 10 厘米以上）亦有若干种，但小型叶极少。从全缘叶占 64% 的比例来推测当时该地的年平均温度约为 22℃，比现在临沧地区的年平均温度略高 4℃，相差无几。这些特点均说明该区在新第三纪时已形成繁茂密集的景观及丰富的区系成分。

三、与现代植物区系及植被的比较

临沧地区的现代植被属热带季雨林，上层乔木种类多为落叶树种，但种类不多，有木棉、楹树（*Albizzia chinensis*）、红豆树（*Ormosia*）、*Cassia*、楝树、红椿、使君子科、半枫荷等。其中混生很多常绿树种如儿种 *Ficus*、*Alstonia*、*Duabunga*。在中层乔木以常绿树种为多，有 *Sterculia*、*Bauhinia*、*Garcinia*、*Mallotus*、*Alangium*、*Syzygium*、*Pithecolobium*、*Dalbergia*。林下灌木亦不少，有 *Ardisia*、*Evodia*、*Aralia*、*psychotria* 等。植物极其丰富，该区原始植被仅在临沧南汀河一带有小片保存，其他地方未见。

从化石植物种属与现代该区生存植物比较，具若干相同属种，如 *Dalbergia*、*Albizzia*、*Engelhardia*、*Alangiam*、*Syzygium*、*Lindera*、*Castanopsis*、*Ardisia* 等等。有的甚至为同种，这说明该区现代植物区系中保留了不少第三纪时的孑遗植物，进一步反映该区现代区系的古老性特征。

四、植物群的时代

临沧新第三纪植物群中，具有该区生存种的比例约为 60%。Axelrod (1956) 对北美

Sierra Nevada的Mio-pliocene植物群的分析,其特点是有近60%的乔灌木是与现在生存于该区的种相关(即对应种),证明该植物群时代的晚近性。这一特点同样出现在临沧地区化石植物群中。

若与克什米尔的克利瓦组下部的植物群比较,则具有截然不同的分子,后者以具高山栎类植物为特征,其时代属早更新世。与印度新第三纪植物群对比,具相同种7个,同以豆科植物种类繁多为特征,其他有*Alangium*、*Engelhardia*、*Berohemia*、*Myrica*、*Ficus*等相同的属,这也说明更接近于印度新第三纪植物群的时代。

临沧新第三纪植物组合的成分和云南中部小龙潭及西部腾冲新第三纪(Mio-pliocene)植物有较多的相同属种,故其时代亦属晚中新世至早上新世。

五、植物种的描述

本文仅描述国内第一次发现的化石标本。

木兰(未定种) *Magnolia* sp.

(照片版18—2)

叶形较大,长超过15厘米,宽7厘米,顶端未保存,基部宽楔形,全缘。中脉粗壮,侧脉可见部分有12对(实际约15对),互生,弧曲,近叶缘时向前弯曲,环结形成明显的环结脉;三次脉和侧脉略斜交,排列整齐间距较稀。

从脉序特征属木兰无疑,因标本保存不全,难以定种,该化石和*M. officinalis*, *M. biloba*均有相似之处。

产地:临沧地区勐托。

临沧紫玉盘(新种) *Uvaria linczamgensii* Tao et chen sp. nov.

(照片版13—5)

叶长披针形,长约6.3厘米,宽2.3厘米,顶端尾状渐尖,基部楔形,全缘。中脉直或微曲,侧脉近10对,与中脉的夹角近70°,近叶缘处分枝后环接,再分枝,侧脉间具一间脉,间脉从中脉生出在脉环内组成大的不规则脉网。

该化石与生存种*Uvaria boniana*微相似,区别在化石叶形较小,地理分布亦不同。

产地:临沧地区邦卖。

香面叶(近似种) *Lindera* cf. *caudata* Benth.

(照片版13—9)

叶卵椭圆形,长约5厘米,宽约2厘米,顶端未保存,基部楔形,全缘。三基出脉,二次脉不清晰。叶柄可见部分长0.6厘米。

与化石叶形相似的生存种有*L. caudata* *L. chunii* *L. playfairii*,这三种具离基三出脉,但从叶形及大小更近似前者。

产地:临沧地区邦卖。

山姜子(近似种) *Litsea* cf. *cubeba* (Lour) pers.

(照片版18—3)

叶矩圆披针形,可见部分长6.7厘米(实长7厘米以上),宽2.4厘米,顶端渐尖,

基部(估计)为楔形,全缘。中脉直,纤细;侧脉约9对,互生,以 60° 角从中脉伸出,近基部的夹角较大,弧曲;侧脉间具直接从中脉生出的三次脉并与中脉垂直,三次脉与中脉成直角伸出。

该化石叶形及脉序特征似木姜子,生存种为落叶乔木,多生于山地灌丛或疏林中。

产地:临沧地区勐托。

木姜子(近似种) *Litsea cf. pungens* Hemsl

(照片版13—10)

叶为倒长卵形,长约7厘米,宽3.5厘米,顶端未保存,基部楔形,全缘。中脉在叶背突出,微弯曲;侧脉约8对,互生,与中脉夹角约 $50-70^{\circ}$,弧曲向前;三次脉不显,与中脉近垂直生出。

该化石与生存种 *L. pungens* 极相似。

产地:临沧地区邦卖。

红叶木姜子(近似种) *Litsea cf. rubescens* Lec.

叶长椭圆形,长约5.5厘米,宽约1.8厘米,顶端渐尖,基部楔形,全缘。中脉在叶基第二对侧脉以下较粗,其上渐变细;侧脉5—6对,互生,第1—3对侧脉近对生,约以 $30-40^{\circ}$ 角伸出,近顶处弧曲;三次脉细,与中脉垂直。

该化石与红叶木姜子相似。其生存种分布于我国云南、四川、贵州和陕西;越南也有。

产地:临沧地区邦卖。

西南赛楠(近似种) *Nothaphoebe cf. cavaleviei* yang.

(照片版13—6)

叶保存不全,近倒披针形,可见部分长6.6厘米,宽2.4厘米,顶端未见,基部楔形,全缘。中脉直,粗壮;侧脉可见部分约7对,互生,间距不等,约以 $45-50^{\circ}$ 角从中脉伸出,也有达 60° 角的,向前弧曲;三次脉明显,与中脉成直角;细脉为四至多边形网。

当前化石的叶形、脉序与西南赛楠相似。

产地:临沧地区邦卖。

大果榕(近似种) *Ficus cf. auriculata* Lour.

(照片版16—1)

叶宽卵形或近圆形,长估计在10厘米以上,宽8.2厘米,叶顶未保存,基部心形,一侧微耳状,叶边全缘。基出脉不显,侧脉对数多,基侧脉外侧有4—5条外脉,弱,环结;第二对侧脉具强的三次脉;四次脉形成大网格。

因标本保存不全,从叶形特征看近似大果榕,但化石叶形略小,基出脉不显等有所区别,暂归于此。

产地:临沧地区勐托。

印度栲(近似种) *Castanopsis indica* (Koxb) A. DC

(照片版14—2,3)

叶长椭圆形,长约9厘米,宽4.3厘米,边缘除基部外具粗锯齿。中脉中等粗细,微弯;侧脉15—20对,通常17对,夹角两侧微不相等,近基的夹角大,向上渐变小,中部约

45—50°左右；侧脉在近叶缘弯曲向前，后伸入叶缘齿；三次脉与侧脉垂直，排列整齐。

该种叶形与现代分布于该区的印度栲相似。此种主要分布于滇西南及滇东南海拔600—1100米沟谷疏林中。

产地：临沧地区勐托。

显脉石栎（新种）*Lithocarpus renifolium* Tao sp. nov.

（照片版14—5；照片版15—4）

叶披针形，长6—7.2厘米，宽1.5—1.7厘米，顶端渐尖或短渐尖，基部楔形渐狭成叶柄，叶边全缘，微向背部反卷。叶柄和中脉下部等粗，长0.8厘米，中脉直，粗壮；侧脉14—15对，斜直伸出，彼此平行，夹角30—40°；三次脉与侧脉垂直，整齐及顶。

该种叶形和产于云南景谷的*L. lancifolius*近似。不同在勐托化石的，侧脉对数多，夹角较小，近叶顶无齿等。和现代种窄叶石栎近似，不同在化石的侧脉明显，（原种叶脉两面不明显），叶柄基部增粗等。

产地：临沧地区勐托。

大叶栎（近似种）*Quercus cf. griffithii* Hook. f. et Thoms.

（照片版14—6）

叶椭圆形倒卵形，长10厘米以上，化石保存部分仅7厘米多，宽4.8厘米，顶端未见，基部圆楔形，边缘有粗齿。中脉粗壮，直；侧脉大约15对以上，仅保存部分的侧脉12对，与中脉夹角在近基处较大约65°，至上部夹角约为50°；侧脉直达叶缘齿端，三次脉与侧脉垂直、整齐。

该现代种分布于四川，贵州，云南海拔1900—2600米的山地林中，为落叶乔木。

产地：临沧地区勐托。

华南桦（近似种）*Betula austro-sinensis* Chun ex P. C. Li

（照片版15—3）

叶长卵形或矩椭圆，长约10厘米，宽5.4厘米，顶端渐尖，基部未保存，边缘具重锯齿。中脉粗强，直达叶顶，尤在下部粗壮；侧脉约14对，亚对生，自中脉以45°角生出，近中脉一段的侧脉下延状开展，达缘脉序；三次脉垂直于侧脉，及顶；细脉相互结成不规则的细网。

化石标本在叶形、脉序，叶缘锯齿等与生存种*B. austro-sinensis*相似。产于广东、广西、湖南、四川、贵州和云南。

产地：临沧地区邦卖。

云贵鹅耳枥（近似种）*Carpinus pubescens* Burkill

（照片版15—2）

叶长椭圆形，长7.2厘米，宽3.5厘米，顶端渐尖，基部近圆形，边缘具细重锯齿。叶柄粗壮，长0.4厘米，中脉微弯曲；侧脉约13对，以45°角伸出，在离中脉前略成下延状，达缘脉序；三次脉不清晰，与侧脉垂直伸出，整齐。

该现代种与产于山东中新世的*C. subcondata*比较，区别在该化石侧脉对数少，基部不成心形，故更近于现代生存种*C. pubescens*。

产地：临沧地区邦卖。

毛杨梅 *Myrica esculenta* Buch.-Ham.

(照片版17—8),

叶保存不完整, 宽披针形, 可见部分, 长约7.1厘米, 宽2.4厘米, 顶端未保存, 基部楔形, 全缘, 叶柄粗壮, 长约0.5cm。中脉粗壮, 下部微弯; 侧脉可见部分为12—13对, 互生, 自中脉以约70°角伸出, 微弧曲, 两侧侧脉曲度不一致, 侧脉一般分叉, 其分支相连, 细脉不清。

化石标本与现在分布于云南、四川、贵州、广东、广西的 *Myrica esculenta* 极相似。

产地: 临沧地区邦卖。

条叶杨梅 (新种) *Myrica lineata* Tao et chen sp. nov.

(照片版17—9, 10)

叶披针形, 长约4—5.8厘米, 宽约0.7—1.2厘米, 顶端钝尖, 基部狭楔形, 叶基下延近于无柄, 或具0.5—0.7厘米长与叶片界线不明显, 边缘具疏齿或呈波状, 具齿的仅在近叶顶处有一至二对不显的齿。中脉细, 微弧曲, 直达叶顶; 侧脉羽状, 不显, 与中脉夹角约45°, 三次脉不清楚。

当前化石标本与 *Myrica nana* 近似, 不同在有的叶形较小, 侧脉较稀, 夹角更小。

产地: 临沧地区邦卖。

云南杨梅 (近似种) *Myrica nana* cheval.

(照片版19—3, 4)

叶形比 *M. lineata* 略大, 主要区别在侧脉较密, 与中脉夹角较大, 侧脉分支后达叶缘。

产地: 临沧地区勐托, 邦卖。

毛叶黄杞 (近似种)

Engelhardia cf. colebrookiana Lindl. ex Wall.

(照片版18—1)

叶阔椭圆状倒卵形, 长7厘米, 宽3.1厘米, 叶顶钝圆, 基部阔楔形或钝圆, 两侧微不等, 叶全缘。中脉较粗直, 其上具纵沟; 侧脉约8对, 间距不等, 弧曲度大, 与中脉夹角约为60—70°角, 细脉不清。

小叶形状比后种略大, 全缘。侧脉夹角更大而不同于古齿叶黄杞, 更近似现代种 *Engelhardia colebrookiana*。现代种产云南、贵州、广西及广东海南。亦分布于越南、缅甸、印度、尼泊尔。常生于海拔800—1400m的山腰或山谷疏林中。

产地: 临沧地区勐托。

古齿叶黄杞 (新种) *Engelhardia protoserrata*

Tao sp. nov.

(照片版16—13)

叶长椭圆形, 长6.3厘米, 宽2.6厘米, 顶端渐尖, 基部钝圆, 叶缘具明显整齐的齿, 齿三角形。中脉直, 侧脉8—9对, 以45°—60°角从中脉伸出, 两侧夹角微不相等, 一侧比另一侧略大, 侧脉至2/3处向前弧曲近叶缘处分枝, 一枝向前一枝向后, 分枝连接, 其上的细分枝达叶缘, 在侧脉间有时具间脉。

此叶形和脉序、侧脉对数等特征似 *E. serrata*, 不同在叶缘齿细密整齐, 具间脉,

故和现代种有区别。

产地：临沧地区勐托。

滇山杨（近似种）*populus cf. bonatii* Lévillé

（照片版14—8）

叶近圆形或宽卵圆形，长6.5厘米，宽5.6厘米，叶缘近基处无齿，其余具明显钝齿。中脉直，基部第一对侧脉似侧主脉状，具明显外脉6—7条，外脉弧曲，顶端伸入叶缘齿内，其余侧脉羽状3—4对，互生，侧脉间有少数短的间脉生出；三次脉较稀近与中脉垂直，细脉不清。

当前化石叶形，脉序很似滇山杨。

产地：临沧地区勐托。

绿叶紫金牛 *Ardisia virens* Kurz

（照片版19—1、2）

叶为椭圆形或倒卵形，可见部分长6.5厘米（实际更长），宽3.2厘米，顶端渐尖或收缩状，基部未保存，叶缘圆齿状或皱波状，具腺点，位于齿的凹缺处。中脉直；侧脉可见部分有10对，脉较细弱，以45—50°角从中脉伸出，微弯，至叶缘前分支，其分支达叶缘齿，在齿之间具一纤细脉相联；三次脉为不整齐网状。

从化石叶缘齿具腺点等特征与该种相似，为常绿灌木。分布于两广、海南、台湾、云南；国外在印度、缅甸、印度尼西亚也有分布。生于山坡或山沟林中。

产地：临沧地区勐托。

柳叶栒子 *Cotoneaster salicifolius* Franch.

（照片版16—9、10）

叶片矩圆形至卵状披针形，长约5厘米，宽1.8厘米，顶端渐尖，基部楔形，叶边全缘，叶柄长约7毫米。中脉直，中等粗细；侧脉约8对，互生，约以40°—45°角从中脉伸出，弧曲，沿边缘向前；三次脉约与侧脉成直角。

该化石叶形较小，叶顶及基部等特征和柳叶栒子近似。

产地：临沧地区勐托。

石灰花楸 *Sorbus folgneri* (Schneid) Rehd.

（照片版18—4）

叶椭圆形，长近于7厘米，宽2.9厘米，顶端短渐尖，基部宽楔形，边缘具细锯齿，叶柄可见部分长约4毫米，短粗。中脉中等粗，微弯；侧脉约12—13对，互生；三次脉不清楚。

从叶形及叶缘细锯齿等特征，似该种。

石灰花楸分布于我国长江以南的湖南、江西、广东、广西、云南等海拔800—2000米山坡杂木林中。

产地：临沧地区勐托。

滇黔黄檀 *Dalbergia yunnanensis* Franch.

（照片版16—2、3）

叶矩圆形，长4.8厘米，宽2.3厘米，叶顶钝圆，尖端微凹，基部钝圆，两侧微不相等，叶边全缘。中脉直，侧脉约10对，与中脉的夹角45°—50°弧曲向前，近叶缘处分

枝，分枝彼此环接；侧脉之间有间脉，间脉顶端在环接圈内消失；三次脉组成不整齐网。为复叶的一个小叶，顶端微凹缺，侧脉分枝环接及具间脉等特征属 *Dalbergia*，产地：临沧地区勐托。

前山蚂蝗（新种） *Desmodium preraeemosum* Tao et chen sp. nov.

（照片版17—3、4）

为三小叶组成的复叶。该化石为侧生小叶，卵形，两侧不等，长约4.5厘米，宽约2.6厘米，顶端渐尖，基部宽楔形，两侧不对称，全缘，具短而粗的小叶柄。中脉弯曲，侧脉4—5对，弧曲度大，宽的一侧弧曲度大于窄的一侧，细脉不清。

该种叶形大小及脉序和生存种 *D. racemosum* 近似。

产地：临沧地区邦卖。

古粉葛（新种） *pueraria prethomsonii* Tao sp. nov.

（照片版16—9）

为藤本植物，由三小叶组成的复叶。该化石为侧生小叶，小叶成不正的菱状卵形，估计长约6—7厘米（保存部分长5.4cm），宽3.3厘米，在宽的一侧具一个不显的齿，大约是形成裂片的雏形。小叶的中脉微弯曲，侧脉约4—5对，在宽的一侧，基部侧脉外展（夹角近直角）后略向前曲，极少分枝。第二条脉弧曲度比基部的大，愈向前弧曲度愈大，侧脉顶端向前弧曲不达缘；细脉不清。

该化石叶形特殊，从叶形，脉序等似 *Pueraria thomsonii*，区别在侧生小叶基侧脉不显，基侧脉外侧无明显外脉等，但小叶略成浅裂状，故与此种有近似处。

产地：临沧地区勐托。

云南葛藤 *pueraria yunnanensis* Franch.

（照片版17—2）

为侧生小叶，叶形较大，与古粉葛的区别在叶形大。在宽的一侧的第一条侧脉具明显的外侧脉5—6条，与云南葛藤相似。其生存种分布于云南，缅甸、印度也有。

产地：临沧地区邦卖。

临沧槐（新种） *Rshinia linczangensis* Tao sp. nov.

（照片版16—6，照片版18—5）

叶卵披针形，长3.7厘米，宽约1.4—1.5厘米，叶顶渐尖，基部宽楔形，叶边全缘。中脉直较纤细；侧脉约6—7对，互生，与中脉的夹角约35°，斜直伸出；三次脉不清楚。

从叶形及脉序特征和北美 West-Central Nevada 的 Mio-Pliocene flora 所产 *R. californica* Axelrod 近似，不同在 *C. californica* 的侧脉对数略多 (pl. 30. f. 2-6)。

产地：临沧地区勐托。

古蒲桃 *Syzygium protocumini* Tao et chen sp. nov.

（照片版15—5）

叶阔椭圆形至阔矩圆状，长5.3厘米（可见部分），宽3.3厘米，顶端未保存，基部阔短尖，叶边全缘。中脉明显凹下，侧脉密，与中脉近垂直伸出，近叶缘处形成一明显脉环，在侧脉之间具一不达脉环的间脉。叶革质。

从叶形及脉序，叶质地等均与现存种 *S. cumini* 近似，不同在侧脉对数，化石具较密

的侧脉。

产地：临沧地区邦卖。

古菱（新种）*Trapa protojapouica* Tao sp. nov.

（照片版19—11）

为一年生水草本植物，叶为二型即沉浸叶和漂浮叶。因果实外具较坚硬的壳，在化石中保存的常为果实。果实菱形，两侧各有一硬的刺状角，角直伸微向上，在顶部具短的圆柱状突起，下方两侧各具一短突起物，在近基部上下两侧也具一突起物。

此种在第三纪时期北半球分布较广。

产地：临沧地区勐托。

临沧泡花（新种）*Meliosma linczaugensis* Tao et shen sp. nov.

（照片版15—7）

叶长披针形，长7.3厘米，宽2.2厘米，顶端渐尖，基部楔形，叶缘仅叶前部具3—4对细齿外，其余全缘。中脉明显突出，微弯；侧脉约10—12对，间距整齐，与中脉夹角约50°，微曲；细脉不清。

因叶形、脉序特征似 *Meliosma*, *fischeriana*，区别在化石的夹角大（生存种的夹角仅30—40°），叶尖为尾状渐尖，故有不同。

产地：临沧地区邦卖。

麦珠子 *Alphitonia* cf. *philippinensis* Braid.

（照片版18—10）

叶形较大，长圆状椭圆形或卵状披针形，长近12厘米，宽3.4厘米，顶端渐狭，基部圆形，稍偏斜，叶边全缘。中脉直，明显突出；侧脉羽状13—14对，互生，与中脉的夹角40—50°，斜直伸，近边缘处微向前弧曲；三次脉多数不清晰，可见处与侧脉成直角，外侧微斜交，排列整齐，其余脉不清楚。

该种叶形特殊，为长圆状椭圆形，和鼠李科的麦珠子相似。

产地：临沧地区勐托。

多叶勾儿茶（近似种）*Berchemia* cf. *polyphylla* Wall.

（照片版14—9）

灌木。叶形较小，卵状椭圆形，长近2.3厘米，宽1.4厘米，顶端估计为圆形，基部圆形或宽楔形，全缘。中脉直纤细；侧脉6—7对，向前弧曲，彼此平行，至边缘处与其平行向前弧曲；三次脉与侧脉略斜交，排列较密，整齐。

该种叶形大小及脉序特约与多叶勾儿茶相似，多分布在560—1800m处的灌丛中或林下。

产地：临沧地区勐托。

云南勾儿茶（近似种）*Berchemia yunnanensis* Franch.

（照片版19—8）

叶椭圆形，长6.8厘米，宽2.7厘米，顶端钝或圆形，顶微凹，基部钝圆或宽楔形，叶边全缘。中脉较粗，直向上渐变细；侧脉羽状，亚对生至互生，约16对，弧曲至近边缘处向前与叶缘平行一段后渐消失；三次脉内侧与侧脉垂直，外侧略与侧脉斜交，间距

整齐，及顶。

从叶形及脉序特点均与 *Berchemia* 属相似；从叶形及叶顶、基部特征似 *B. yunnanensis*，该种分布于我国南方各省的山坡、山谷、林缘、林下或灌丛中。

产地：临沧地区勐托。

临沧女贞（新种）*Ligustrum linczangensis* Tao et Chen sp. nov.

（照片版17—12）

叶卵椭圆形，长约5.7厘米，宽2.4厘米，顶端渐尖，基部未保存（实际为楔形），全缘。中脉在背面明显突出，上面凹下。由于叶革质较厚，侧脉在叶表面不十分显，故在化石卵痕中亦不显著，约5—6对，亚对生，与中脉的夹角约50°或较大。近叶缘处分叉，分枝环结后再分枝，细脉不显。

化石和生存种 *L. sinensis* Lour 有些相似，主要在叶形及叶顶端略有区别。

产地：临沧地区邦卖。

前桂花（新种）*Osmanthus prefragrans* Tao et Chen sp. nov.

（照片版17—11）

叶卵椭圆形，长约5.5cm，宽2.4cm，顶端渐尖短尾状，基部宽楔形或钝圆，全缘。中脉直达叶顶，微曲；侧脉羽状，约10对，直生，以35—45°角从中脉伸出，近叶缘处分枝相连成环结脉，环结后再分枝，细分枝彼此相连。

从叶形脉序特征均似 *Osmanthus fragrans*，但现生存的种多为栽培的，原产我国西南。该化石的发现证明在新第三纪时已出现了桂花这种植物。

产地：临沧地区邦卖。

橄榄状水锦（新种）*Wedlandia olivacea* Tao sp. nov.

（照片版19—12）

叶卵状椭圆状，长约7厘米，宽2.5厘米，顶端渐尖；基部渐狭成楔形，叶边全缘，渐收缩成叶柄，长约1cm。中脉较粗，直；侧脉约9对，互生，弧曲状，约以60°角从中脉伸出，近边缘处弧曲度更大；三次脉与侧脉斜交。

从叶形及脉序和水锦树相似，但现在临沧一带分布的种 *W. uvariifolia*，叶形较大为宽卵形，故不是现在该地区生存的种，而与现分布于广西的 *W. abernans* How 的叶形相似。

产地：临沧地区勐托。

横断山区新生代植物的研究工作得到徐仁教授的指导，文内化石照片由本所朱培君、孟昭仪、高桂珍同志摄制，谨致热忱谢意。

参考文献

- （1）中国科学院北京植物研究所、南京地质古生物研究所编著（1978）：《中国新生代植物》科学出版社。
- （2）中国科学院植物志编辑委员会（1979）：《中国植物志》二十一卷，科学出版社。
- （3）中国科学院昆明植物研究所编著（1979）：《云南植物志》第二卷，254页、303—304页，科学出版社。

- (4) 中国植被编辑委员会编著 (1980) : 《中国植被》 363—366页, 科学出版社。
- (5) 吴征镒, 李锡文 (1965) : 《云南热带亚热带植物区系研究报告》第一集, 科学出版社。
- (6) E.B. 吴鲁夫 (中译本) (1964) : 《历史植物地理学》 36—78页, 科学出版社, 第一版。
- (7) 李文漪、吴细芳 (1978) : 《云南中部晚第三纪和早第四纪的孢粉组合及其在古地理学上的意义》于《地理学报》 33 (2) : 142—155页。
- (8) 徐仁、陶君容、孙湘君 (1973) : 《希夏邦马峰高山栎化石层的发现及其在植物学和地质学上的意义》于《植物学报》 15 (1) : 103—119页。
- (9) 陶君容、杜乃秋 (1982) : 《云南腾冲新第三纪植物群及其时代》于《植物学报》 24 (3) 。
- (10) Aexlrod, D. I. 1956
mio-pliocene floras from west-centra Nevada, Cal. Univ. Pubs. Geol. sci. vol. 33, p. 304-322.
- (11) Graham, A. 1975.
Late Cenozoic evolution to tropical lowland Vegetation in veracruz, Mexico, Evolution, vol. 29, p. 723—735.
- (12) Colani, M. M. 1920.
Etude sur les Flores Tertiaires de quelques gisements de lignite de l'Indochine et du Yunnan, Bull. Geol. Indochine, vol. 8, fase 1, pp. 7—521.
- (13) Lakhampal, R. N. 1970.
Tertiary floras of India and their bearing on the historycal geology og the region, Taxon, vol. 19, Oct. 1970, pp. 675—692.
- (14) Wolfe, J. A. 1978
A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere, American Scientist, vol. 66, pp. 694—703.

照片版说明

照片内的化石, 除注明放大倍数者外, 全为原大。全部标本保存在植物研究所古植物标本室。

照片版13

1. *Pinus* sp. x2 2. *Pinus* sp. x1 3. *Picea* sp. x1 4. *Picea* sp. x2 5. *Uvaria* linczangensis 6. *Nothaphoebe* cavaleriei 7. *Litsea* rubescens 8. *Cinnamomum* sp. 9. *Lindera* caudata 10. *Litsea* pungens 11. *Myrica* cerifera 12. *Alnus* sp 13. *Quercus* accutissima 14. *Dalbergia* sp.

照片版14

1. *Quercus* paraschottkyana 2—3. *Castanopsis* indica 4. *Castanopsis* ceratacantha 5. *Lithocarpus* neriifolium 6. *Quercus* griffithii 7. *Quercus* sp. 8. *Populus* bonatii 9. *Berchemia* polyphylla 10. *Pistacia* miiochinensis 11. *Acer* sp.

照片版15

1. *Juglans regia* 2. *Carpinus pubescens* 3. *Betula austro-sinensis* 4. *Lithocarpus nerifolium* 5. *Syzygium protocumini* 6. *Rhus miosuccedanea* 7. *Meliosma linczangensis* 8. *Cotoneaster* sp.

照片版16

1. *Ficus auriculata* 2-3. *Dalbergia yunnanensis* 4. *Dalbergia* sp. x 1 5. *Gleditsia miosinense* 6. 12. *Robinia linczangensis* 7. *Dalbergia prehupeana* 8. *Sophora mijoaponica* 9-10. *Cotoneaster salicifolius* 11. *Albizzia julibrissin* 13. *Engelhardia protoserrata* 14. *Pistacia miochinensis*

照片版17

1. *Albizzia* sp. 2. *Pueraria yunnanensis* 3-4. *Desmodium preracemosum* 5. *Leguminosae* 6. *Dalbergia* sp. 7. *Leguminosites chinensis* 8. *Myrica esculenta* 9-10. *Myrica cerifera* 11. *Osmanthus prefragrans* 12. *Ligustrum linczangensis*

照片版18

1. *Engelhardia protoserrata* 2. *Magnolia* sp. 3. *Litsea cubeba* 4. *Sorbus falgneri* 5. *Robinia linczangensis* 6. *Dalbergia* sp. 7. *Albizzia miokalkora* 8. *Albizzia julibrissin* 9. *Pueraria prethomsonii* 10. *Alphitonia philippinensis*

照片版18

1-2. *Ardisia virens* 3-4. *Myrica nana* 5. *Rhus miosuccedanea* 6. *Koeleruteria* sp. 7. *Strychnos cheliensis* 8. *Berchemia yunnanensis* 9. *Alangium aequifolium* 10. *Euonymus* sp. 11. *Trapa protojaponica* 12. *Wedlandia olivacea* 13. *Koeleruteria* sp.

NEOGENE FLORA OF SOUTH PART OF THE WATERSHED OF
SALWEEN-MEKONG-YANGTZE RIVERS (THE LINCZAN REGION) YUNNAN

Abstract

Tao Janrong

Chen Minghong

A collection of the Neogene plant fossils found in southern part of the Watershed of Salween-Mekong-Yangtze Rivers (the Lincang region) in Yunnan belongs to 28 families, 48 genus, 61 species (2 gymnosperms and 59 angiosperms). Most of them are trees and shrubs, with few vines and aquatic plants. Eleven plants are described as new species.

The features of this flora are stated as follows: (1) India-Malaysia elements are predominant in this flora, e.g., *Dalbergia*, *Albizzia*, *Pueraria*, *Engelhardia*, *Ardisia*, *Uvaria*, *Syzygium*, *Cinnamomum*, *Nothaphebe* and *Alphitonia*, others are subtropical in nature, e.g., *Lindera*, *Castanopsis*, *Lithocarpus* and *strychnos*; (2) This flora also contains a few temperate elements of northern hemisphere in affinity, e.g., *Betula*, *Carpinus*, *Populus* and *Sorbus*; (3) There are many species from Leguminosae, which belong to the elements under the canopy of tropical monsoon forest.

These characters indicate that this flora consisted of the elements of India-Malaysia and some temperate elements of northern hemisphere in nature during Neogene. That means that migration and mixture of floras over the Himalayas and with India-Malaysia was taken place during Neogene time.

The age of the flora is assigned to Upper Miocene-early Pliocene. This flora exhibits some similarity with the floras of the Tengchong basin and Xiao Long Tan. There are some similarities with the flora of India, of its same age too, all of them are of tropical or subtropical in nature.

12. 洱海表层沉积物中的介形类及其对 研究陆相生油环境的意义

黄宝仁 杨留法 李景贵

(中国科学院南京地质古生物研究所)

(中国科学院南京地理研究所)

(中国科学院兰州地质研究所)

介形类是甲壳动物,生活在各地质时代及现代海洋和大陆水域。因其介壳大多数为钙质,故古代的介形类常保存成化石。又因介形类个体细小,常在石油钻井岩芯中,发现大量的该类化石。这些化石是勘探石油划分地层时代和沉积环境的重要依据。我国石油资源丰富,生油环境多样,利用现代湖泊介形类对比化石介形类来确定某些油田的生油环境,就显得特别重要。

1980年我们参加中国科学院洱海考察队采集了56个测点表层沉积物。这些样品经分析发现许多介形类,计有Cyprididae (*Lijiangicypris*, *Cypria*, *Pianocypris*), Eucandonidae (*Candona*, *Candoniella*), Ilyocyprididae (*Ilyocypris*), Limnocytheridae (*Metacypris*, *Leucocythere*, *Neochinocythere*), Darwinulidae (*Darwinula*) 及 *Gontocypris* (*Nomina Dubia*)。共17种,其中10新种。

洱海位于云南省西部,约在北纬 $25^{\circ}45'$,东经 $100^{\circ}10'$,西岸有大理城,南岸有关市,公路干线沿西岸通过。洱海地势较高,位于云贵高原和横断山脉交接地带,地处金沙江、红河和澜沧江水系分水岭。洱海南北长39.5公里,东西宽6.3至8.4公里。西面为前寒武系苍山群变质岩及少量晋宁期花岗岩构成的点苍山。苍山最高峰海拔3958米,山脚东面为洱海湖滨,堆积第四纪砾石及淤泥,海拔1970米。湖东面为古生代灰岩、砂质灰岩及砂页岩构成的湖边陡岩及中高山,其间的大黑山最高,海拔2626米。东北面为二叠纪玄武岩。南面有侏罗纪及白垩纪陆相碎屑岩。湖西面点苍山顶更新世晚期冰川地形发育,其形成时期前人命名为大理冰期。洱海的入水河,北面有弥苴河、罗时江,西有点苍山十八溪,东有玉龙河,东南有波罗江。湖底形态是湖边较陡,湖中较平,湖东南近岸及北部较深,湖南部有一浅滩。湖面积250平方公里,最大水深23米。唯一的出水河是湖西南边的西洱河,是由大断层所形成,水势湍急,蕴含丰富的水力资源。学者们据湖区地质现象分析,洱海是地堑式断陷湖盆,可能形成于第四纪。

洱海地区雨量充足,湖水进出畅通,盐度低,仅0.15—0.2‰,PH值8.4—8.6。1980年11月测得底层水温 15°C — 18°C 。多年平均气温 15.7°C ,最高 34°C ,最低 -2.3°C 。湖西面的点苍山顶终年积雪。洱海湖水营养盐中等,浮游生物繁盛。近岸及湖南部浅滩等区水深9米以内,湖底水生植物繁茂,适宜鲤、鲫等鱼类繁殖。底质大多数为灰色淤泥,亦有灰色粉砂,含少数腹足类及瓣鳃类。

洱海表层沉积物中介形类种数的分布,以靠近河口的近岸最多,次为一般近岸,然后是中部。介形类总壳瓣数,分布于水草区及其余近岸区最多,中部少(见图12—1)。

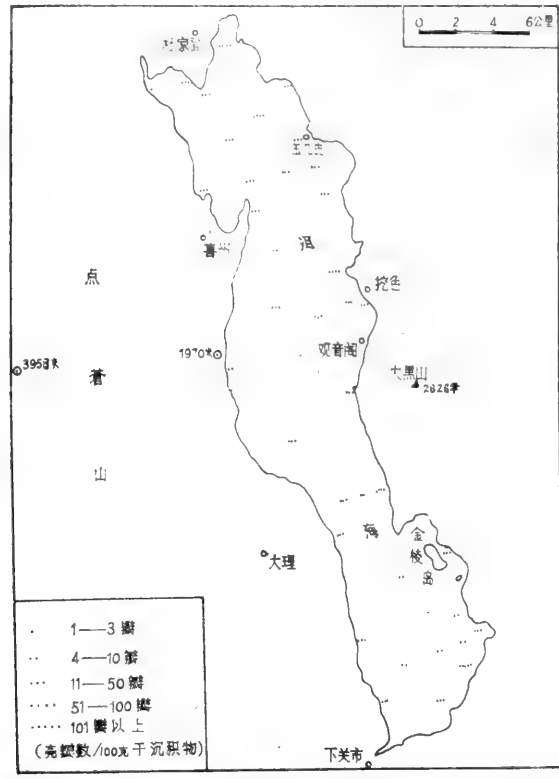


图12—1 洱海表层沉积物中的介形类总量分布图

Candona erhaiensis sp. nov. 产于喜州三角洲前缘、北部湖湾及东南近岸最多, 次为杜家登三角洲西缘近岸, 挖色北部河口以北近岸及东南近岸。几乎全湖均有分布, 近岸多, 湖心少。*Cypria lubrica* Huang et Yang 的分布近似前一种, 但个体数较少, 仅及其1/10, 分布于喜州三角洲前缘及金梭岛以东近岸较多, 次为南部近岸及东北部近岸。*Ilyocypris neoaspera* sp. nov. 分布于杜家登三角洲前缘近岸、北部湖湾及东南近岸较多, 中部少。*Leucocythere daliensis* sp. nov. 分布于喜州三角洲前缘近岸, 湖北部中心及挖色以南湖湾较多, 也发现于湖南部金梭岛以东近岸。

Leucocythere erhaiensis sp. nov. 分布于喜州三角洲前缘近岸、东南湖湾、湖中南部狭窄带、南部湖中、南部近岸及东南湖湾较多, 东部近岸较少。*Neochinocythere serrata* sp. nov. 分布于喜州三角洲前缘及东南近岸较多, 东部近岸、西南近岸及南部浅水带稍少。

次要种 *Planocypris celata* sp. nov. 产于西南近岸。*Candona daliensis* sp. nov. 产于杜家登三角洲前缘近岸及喜州三角洲东侧近岸。*Candona substegnalis* sp. nov. 及 *C. longistegnalis* sp. nov. 产于杜家登三角洲前缘近岸。*Candoniella albicans* (Brady) 及 *C. suzini* Schneider 产于喜州三角洲前缘。*Ilyocypris microspinata* Huang 产于喜

州三角洲前缘、西南及东南等处近岸。*Metacypris lijiangensis* Huang产于杜家登三角洲前缘近岸。*Darwinula stevensoni* (Brady et Robertson) 产于喜州三角洲北侧及前缘近岸。*Goniocypris triangulata* Huang产于西南及喜州三角洲前缘等处近岸。

从地层上来看, *Darwinula*和*Metacypris*曾发现于新疆准噶尔盆地中侏罗统头屯河层。*Candona*产于上述盆地的上侏罗统和下白垩统吐谷鲁群, 及第三纪中新统塔西河组。*Ilyocypris*产于准噶尔盆地第三纪渐新统安集海组及中新统塔西河组。*Cypria*产于渤海沿岸地区上始新统及下渐新统沙河街组四段中及下部, 及渐新统沙河街组一及二段。*Candona*产于上述地区上始新统至渐新统沙河街组四段、渐新统沙河街组一至三段及渐新统东营组二及三段。*Candoniella*产于该地区始新统孔店组二段及渐新统沙河街组三段至东营组一段。*Ilyocypris*产于上始新统至下渐新统沙河街组四段上部、渐新统东营组一及二段。*Metacypris*产于始新统孔店组二段。*Limnocythere*形态近似*Leucocythere*, 产于始新统孔店组二段。*Chinocythere*则近似*Neochinocythere*, 产于上始新统至下渐新统沙河街组四段上部及渐新统沙河街组三段至东营组二段。

根据洱海介形类属及类似属在我国新疆准噶尔盆地及渤海沿岸地区等含油岩系地层中的分布概况, 可以初步判断我国现代的内陆及沿海地区在中、新生代时期都存在有淡水至稍咸水断陷湖盆, 这些古湖盆可能是石油生成的良好环境。

参 考 文 献

- 中国科学院兰州地质研究所等 (1979): 《青海湖综合考察报告》科学出版社。
- 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院等 (1978): 《渤海沿岸地区早第三纪介形类》科学出版社。
- 陈受忠 (1956): 《武昌东湖的数种介形类甲壳动物》于《水生生物学集刊》2, 科学出版社。
- 黄宝仁: 1964, 《柴达木盆地甘森地区介形类化石》于《古生物学报》12 (12)。
- (1980): 《桑干河中、下游流域更新世介形类初步研究》于《科学通报》25(6)。
- (1982): 《云南丽江盆地更新统介形类化石》, 于《古生物学报》21 (2)。
- Hartmann, G. (1964): Asiatische Ostracoden. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie. Akademie-verlag, Berlin.
- Hoff, C.C. (1942): The Ostracods of Illinois. Illinois Biol. Monographs, 19.
- Sars, G.O., 1924: The freshwater Entomostraca of the Capa province (Union of South Africa) .II. Ostracoda. Ann. South African Museum, 20.
- (1982): An account of the Crustacea of Norway, Bergens Mus. Ostracoda. 9.
- Бронштейн, з. С. (1974): Ostracoda пресных вод. бакообразные, фауна БНИГРИ, (170)

照片版20说明

本文描述的介形类模式标本保存在中国科学院南京地质古生物研究所。照片由宋之耀、袁留平和毛永强等同志摄影。各图比例尺长度为0.1毫米。标本度量单位为毫米。

1. 苏氏小玻璃介 *Candoniella suzini* Schneider, 1956 成年左壳, 长0.63, 高0.29。登记号: 75614, 采集号: 洱5。
2. 网纹丽江金星介 (新种) *Lijiangicypris reticulata* sp. nov.。成年右壳, 透视可见细网纹。壳长1.83, 高0.67。正模。登记号: 75615, 采集号: 洱5。
3. 斯氏达尔文介 (*Darwinula stevensoni* (Brady et Robertson), 1870 成年左壳, 长0.63, 高0.25。登记号: 75616, 采集号: 洱53。
- 4、5. 洱海璃玻介 (新种) *Candona erhaiensis* sp. nov. 4. 雌性右壳。背、腹缘近平行, 后端下部突。长1.10, 高0.50。正模。5. 雄性右壳。后端圆。长1.26, 高0.65。配模。登记号: 75617, 75618。采集号: 洱10, 洱5。
6. 三角形角星介 *Gontocypris triangulata* Huang 成年壳瓣, 长0.29, 高0.34。登记号, 75619, 采集号: 洱5。
- 7、8. 大理玻璃介 (新种) *Candona daliensis* sp. nov. 7 是雌性左壳, 近三角形, 后端窄圆。长0.84, 高0.42, 正模。8 为雄性左壳, 后端较圆, 长0.92, 高0.46, 配模。登记号: 75620, 75621。采集号: 洱17, 洱5。
9. 近池生玻璃介 (新种) *Candona substegnalis* sp. nov. 雌性右壳, 长0.84, 高0.46。后背缘缓倾斜, 因而与 *Candona stegnalis* sars 不同。正模, 登记号: 75622, 采集号: 洱5。
10. 长池生玻璃介 (新种) *Candona longistegnalis* sp. nov. 雌性右壳, 长0.92, 高0.46。个体较长, 因而与 *Candona substegnalis* sp. nov. 不同。正模。登记号: 75623, 采集号: 洱5。
11. 光滑丽星介 *Cypria lubrica* Huang et Yang 成年左壳, 长0.55, 高0.38。登记号: 75624, 采集号: 洱51。
12. 隐平丽星介 (新种) *Planocypris celata* sp. nov. 成年右壳。背缘中部短直, 微前倾, 壳面稍显细纵纹。壳长0.55, 高0.38。正模。登记号: 75625, 采集号: 洱40。
13. 纯净小玻璃介 *Candoniella albicans* (Brady), 1864 成年左壳, 长0.55, 高0.29。登记号: 75626, 采集号: 洱5。
- 14、15. 锯齿新华花介 (新种) *Neochinocythere serrata* sp. nov. 14. 雌性右壳。背缘具锯齿状刺。壳长0.42, 高0.25, 正模。15. 雄性右壳, 较长。壳长0.44, 高0.23。配模。登记号: 75627, 75628, 采集号: 洱42, 洱51。
16. 丽江圆星介 *Metacypris lijiangensis* Huang, 1982 中年左壳, 长0.34, 高0.25。登记号: 75629, 采集号: 洱5。
- 17、18. 大理白花介 (新种) *Leucocythere daliensis* sp. nov. 17. 为雌性左壳, 壳面光滑至弱网纹, 腹一脊。壳长0.80, 高0.42。正模。18. 为雄性左壳, 后背缘较高。壳长0.77, 高0.39。配模。登记号: 75630, 75631。采集号: 洱54。

19. 洱海白花介(新种) *Leucocythere erhaiensis* sp. nov. 雌性左壳, 长0.77, 高0.42。腹部一脊, 后背一瘤。正模。登记号: 75632, 采集号: 洱47。

20. 小刺土星介 *Ilyocypris microspinata* Huang, 1982成年左壳, 长0.92, 高0.59。登记号: 75633, 采集号: 洱47。

21、22. 新粗糙土星介(新种) *Ilyocypris neoaspera* sp. nov. 21为雌性右壳, 长0.92, 高0.59。壳面网目小, 多边形, 深, 网脊细。正模。22为雄性右壳, 较长、较扁, 长0.97, 高0.46。配模。登记号: 75634, 75635, 采集号: 洱26、洱27。

OSTRACODES IN THE SURFACE DEPOSITS OF ERHAI LAKE AND THEIR SIGNIFICANCE IN THE STUDY OF OIL FORMATIONAL ENVIRONMENT OF CONTINENTAL FACES

Huang Baoren

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

Yang Liufa

(Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica)

Li Jinggui

(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica)

Abstract

The Erhai Lake, a fault trough lake, is situated in western Yunnan (Lat. $25^{\circ} 45' N.$, Long. $100^{\circ} 10' E.$), covering a vast area of about 39.5km from north to south and 6.3-8.4km from east to west. Due to its alkaline, moderate vegetal salts, the lake water is fresh to very slightly saline. Hydrovegetables grow flourishingly on the lake floor of shallow water area. The lake deposits consist of gray mud and silt clay. The ostracodes in the surface deposits of Erhai Lake, as identified by the authors, include the following: Cyprididae (*Lijiangicypris*, *Cypria*, *Planocypris*), Eucandonidae (*Candona*, *Candoniella*), *Ilyocypridae* (*Ilyocypris*), *Limnocytheridae* (*Metacypris*, *Leucocythere*, *Neochinocythere*), *Darwinulidae* (*Darwinula*) and *Goniocypris* (*Nomina Dubia*). Altogether there are 7 known species and 10 new species. Among them, *Candona erhaiensis* sp. nov. is the most abundant.

From the stratigraphical viewpoint, *Darwinula* and *Metacypris* have been found in the Middle Jurassic Toutunhe Formation, *Candona* in the Upper Jurassic to Lower Cretaceous Togulu Group and the Miocene Taxihe Formation, *Ilyocypris* in the Oligocene Anjihai Formation and Miocene Taxihe Formation in the oil field in Junggar Basin, Xinjiang Province respectively. *Cypria*, *Candona*, *Candoniella*, *Ilyocypris* and *Metacypris* occur in the

Paleogene of the oil field in Bonai coastal region. The comparison of ostracodes from the surface deposits in Erhai Lake with those from the Mesozoic and the Cenozoic in Bohai coastal region indicates that the oilformational environments of fault trough lake with fresh to slightly saline water did exist in inland and coastal region of China during Mesozoic and Cenozoic era.

自然地理

13. 横断山区综合自然区划

杨勤业 (中国科学院地理研究所)

横断山区指我国青藏高原东南缘、川滇藏境内山川东西并列,南北纵贯的广大地区。其范围过去不够明确,本文指昌都、察隅一线以东,邛崃山、大凉山以西,北从北纬32度的德格、壤塘、刷经寺起,南达北纬26度附近的大理、渡口一线。总面积近40万平方公里。

横断山区地处青藏高原向云贵高原和四川盆地的过渡地带,山体与峡谷并列。山体高大,姿态十分雄伟峻峭,连续延长和孤立分散,顶峰海拔常在5000米以上,个别甚至超过6000米,到北纬30度以南,仍有终年积雪峰岭。山间河川深切、峡谷众多,河流比降大而水流湍急。大部分地面海拔达3000米,其边缘部分也在1500—3000米,只有极少数河谷在1000米左右。这种强烈的地貌因素,使得其他自然地理因素,如气候、植被、土壤乃至整个自然综合体都呈明显的垂直变化。本区地域辽阔,南北跨纬度6度,东西约占经度6度;印度洋西南季风及太平洋东南季风均作用于本区;植物区系又兼具印度——马来和中国两种成分,因此无论自南而北或自东到西,水平地带仍然显著。

这里根据1981年对滇西北和以往青藏高原的考察资料,对横断山区进行综合自然区划,希望能为该区因地制宜发展农林牧业提供自然地理条件方面的依据。

一、自然区域分异形成的背景

地表结构和大气环流形势在本区自然区域分异的形成中起着重要的作用。

冬季,横断山区的气候主要受西风环流南支急流所左右。冬半年(11—4月)基本上在这干暖大陆性气团控制下,多吹拂西风或西南风,具有风速大,天气晴朗,云量小,日照充足,降水少,湿度小等明显的干季气候特征。西部河谷为川西南滇北低压与雅鲁藏布江河谷低压两个下沉辐合低压所控制,降水特少。但是,南支急流沿青藏高原南侧东进时,地貌扰动作用产生脊线或低槽,西南气流北上加强,也携带一部分孟加拉海面水汽进入本区,造成小阵雨、雪天气。本区东北部受藏东南低压与甘青川低压的辐合低压区影响,亦能产生小范围降水。此外,北方冷空气沿河谷南下,亦可产生寒潮天气。夏季,南支急流北撤到北纬40°以北,随之印度低压强烈发展,印度洋和太平洋暖湿气流逐渐伸入横断山区,各地云量加大、降水增多、先后进入雨季。夏半年主要影响系统有南支槽、孟加拉湾低压、副热带高压西侧东南气流与西方偏西气流的切变辐合、孟加拉湾风暴、高原低涡。在繁杂的天气系统中,西南季风的作用相对较大。

大气环流形势作用于本区，又随各地位置和地势结构不同制约着区域分异的形成。

区内自西向东依次排列着大体南北走向的怒江、澜沧江、金沙江、雅砻江、大渡河、岷江等几条深切的河谷，江河之间又高耸着伯舒拉岭——高黎贡山、四莽大雪山——怒山、宁静山——云岭、雀儿山——沙鲁里山、折多山——大雪山，以及邛崃山等。这些河谷成为南来湿润气流北上的通道，湿润夏季季风的北界平均在北纬35度左右，已经超过了横断山区的范围，所以这里大部分地方为茂密森林所占据。但这些山体又屏障了东西两方面水汽的进入，因此，降水呈东西多而中间少的趋势。西南季风在四莽大雪山——怒山、宁静山——云岭以西作用旺盛，尤其是西南部高黎贡山西坡，年降水量超过1300毫米；怒山西坡，年降水量超过1200毫米。加之位置偏南、海拔较低，年均温较高，生长常绿阔叶林；同样，东半壁受太平洋东南季风的惠泽，降水量亦在1000毫米上下。这里自然景观虽为针叶林，但在阴坡或阴湿沟谷却保存有常绿与落叶阔叶混交林；从东南和西南伸入到金沙江河谷，两岸高山对峙，巴塘到得荣、奔子栏一带降水量在300毫米左右，生长旱中生落叶河谷灌丛，呈干暖河谷景象。

地势总趋势由西北向东南倾斜，西南季风和东南季风影响均由南向北减弱，气温、降水均循同一方向递减。自然景色随地势发生明显地变化，森林分布由南而北，由多及少，由成片、连续分布逐渐向斑状、条带状分布过渡，最终被低矮灌丛所取代，甚至出现成片的基岩裸露地。由于相对高度甚大，地形的控制作用强烈，使得阴阳坡之间，迎风坡和背风坡之间，乃至河谷与山地之间的自然景色都迥然不同。

二、自然区域分异特点

纬度因素对横断山脉地区的影响不可忽视，东经101度和99度附近的南北气候变化可以看出影响的概貌（见表13—1，13—2），在自然景色上亦有明显反映。如森林上限在沙鲁里山南北两面相差200米。又如干暖河谷灌丛，黑水分布在海拔2000米以下，金川到2400米，雅江2800米左右，奔子栏近2900米，呈向南升高的趋势。但继续往南又逐渐下降。至兰坪降至2000米以下，泸水仅1800米。然而异常崎岖的地面，使温度的空间分布更大程度上反映了地势结构和海拔高程的影响：即等温线随地势结构偏离纬向的分布；高山区的等值线南伸或呈闭合状态，如德钦至维西间的云岭，中甸至石鼓间的哈巴雪山；河谷地区则等值线北伸，如金沙江河谷。

表 13—1 东经101°附近的气候南北变化

地 点	壤 塘	道 孚	雅 江	九 龙	宁 蒗	华 坪
纬 度	32°20'	31°06'	30°02'	28°59'	27°19'	26°38'
年 均 温 (℃)	4.9	7.8	10.7	8.7	12.7	19.9
一 月 均 温 (℃)	-5.2	-2.6	1.2	0.6	4.2	12.1
≥ 10℃ 日 数	74.5	140	1977	135.9	227.1	351.1
年降水量 (毫米)	757	569	7487	897.4	902.8	1025.9

表13—2

东经99°附近气候南北变化

地 点	德 格	白 玉	巴 塘	得 荣	维 西	兰 坪
纬 度	31°50′	31°14′	30°05′	28°43′	27°10′	26°41′
年 均 温 (°C)	6.2	7.6	12.8	14.4	11.3	11.3
一 月 均 温 (°C)	-2.3	-1.8	3.9	5.5	3.7	3.3
≥ 10°C 日 数	112.9	131.0	214.0	242.6	189.5	206.6
年降水量 (毫米)	625.8	619.2	517.0	340.7	957.5	1002.2

本地区海拔高,气温普遍比我国东部低平地区偏低5—10°C,尤其是夏季更要低10°C以上。许多地方,无论是河谷还是高原、山地,海拔虽在4000米以下,仍无旬平均气温超过22°C的夏季。如雅江(海拔2924.8米),最热旬均温18.6°C;理塘(海拔3948.9米),最热旬均温11.0°C。另一个与此相关的现象是冬季漫长,以德钦为例,约与我国东北的海拉尔市(250天)相当,向北推移了20°34′。另方面,频临两方面的湿润水汽,地势总趋势北高南低,河谷向南敞开,水汽溯谷伸进、沿坡上升,容易凝结致雨,特殊的地理位置,使这里成为亚湿润地域。

本地区岭谷间高差极为悬殊,大部分达1000—2000米,北纬25—30之间的超过3000米。这种情况在全国均属罕见。气温随高度变化殊为明显,贡嘎山西南坡每上升100米降低0.58°C。沙鲁里山、大雪山义敦与巴塘,新都桥与雅江比较每升高100米气温递减率西坡超过1°C,东坡亦达到0.6°C以上。怒江和澜沧江在滇西北谷底海拔1000米左右,年均温约19°C,而河谷两侧的高黎贡山、碧罗雪山山顶,海拔6000—3500米,年均温10—0°C以下。气候的垂直变化导致各具特色的垂直自然带的形成。同时,由于地势由南而北,由边缘向内部,由河谷向西侧山地逐渐升高,就产生了垂直带谱在各地的繁简差异。总的趋势是南部带谱结构相对复杂,由下而上可概括为亚热带红壤常绿阔叶林带,暖温带红棕壤针阔混交林带,寒温带棕壤暗针叶林带,亚寒带草甸土灌丛草甸带,永久冰雪带。在河谷,还有特殊的热带、亚热带褐红壤、燥红土干暖河谷灌丛带。垂直带谱中优势带的带幅很宽,滇西北一般在1000米上下,个别也接近2000米。因此带内还有亚带,类型组合也相差甚远。北部带谱结构比较简单,通常只存在上部的两个至三个分带,植物组成成分也简单。这种变化是纬度、大气环流、地势结构共同作用下,热量、水分等环境条件不同的结果。在相同海拔高度范围内,坡向、坡度、山谷宽度的不同又进一步加深了它的复杂性。区内垂直带分布都与毗邻地区的水平地带有密切联系,是识别自然区域分异的重要依据。

三、自然区划指标和系统

本区划采用自然地区、自然区、自然亚区三级区划系统,以便同全国、青藏高原综合自然区划衔接。划分自然区的温度、水分指标和划分自然亚区的地形分类分别如表13—3、4、5。据此,划分出两个自然区和九个自然亚区,如图13—1。

表13—3

温度条件的地域类别、指标

类别 \ 指标	最 暖 月 平 均 气 温 (℃)	日 平 均 气 温 ≥ 5℃ 的 天 数	自 然 生 产 特 征
温 暖	10—18	120—250	有天然森林,农作一年一熟,喜凉作物占优势
暖 热	>18	>250	有热带亚热带森林,农作一年两熟,可种水稻等喜温作物

表13—4

水分状况的地域类别、指标

类别 \ 指标	干 燥 度	年 降 水 量 (毫米)	年平均相对 湿 度 (%)	自 然 生 产 特 征
湿 润	<1.0	>800	>65	湿润森林、土壤呈酸性反应
半 湿 润	1.0—1.5	800—400	65—51	半湿润森林、中生灌丛草甸、土壤酸—中性反应

表13—5

划分自然亚区的地形分类表

高 原		海拔>3000—3500米
山 地	极高山	海拔约>5000米
	高 山	海拔3000(3500)—5000米
	中 山	海拔1000—3000(3500)米
盆地与谷地	盆 地	
	宽 谷 窄 谷 峡 谷	

四、自然区和自然亚区主要特征和土地利用问题

1、滇西北、川西南亚热带和热带北缘山地河谷森林区

青藏高原东南斜面,是我国南亚热带和热带向西延伸。河谷低山具热带类型,其上具亚热带山地自然带的特征。本地区东部山地、谷地均呈地垒式,山峦及峡谷形态稍欠明显。西部山岳形态强烈,一般山岭海拔达3000米以上,高出谷底1000多米。峡谷呈v字型,两岸陡峻。最暖月均温20℃上下,最冷月均温5℃左右。年降水量1000—1500毫米,干湿季节分明,5—10月降水一般占全年总降水量的85%以上。年干燥度<1.0。径流深400—1000毫米,径流集中在7—9月。海拔1000—1500米以下含多种印度——马来成分的热带常绿雨林和半常绿雨林组成垂直自然带的基带,种属庞杂,并多藤本及附生植物。其上为常绿阔叶林,广泛分布于1500—2800米的阴湿坡,多为各种类型的常绿栎林。阳坡或常绿阔叶林破坏后则被松林所代替。此外,在怒江、澜沧江、金沙江等河流

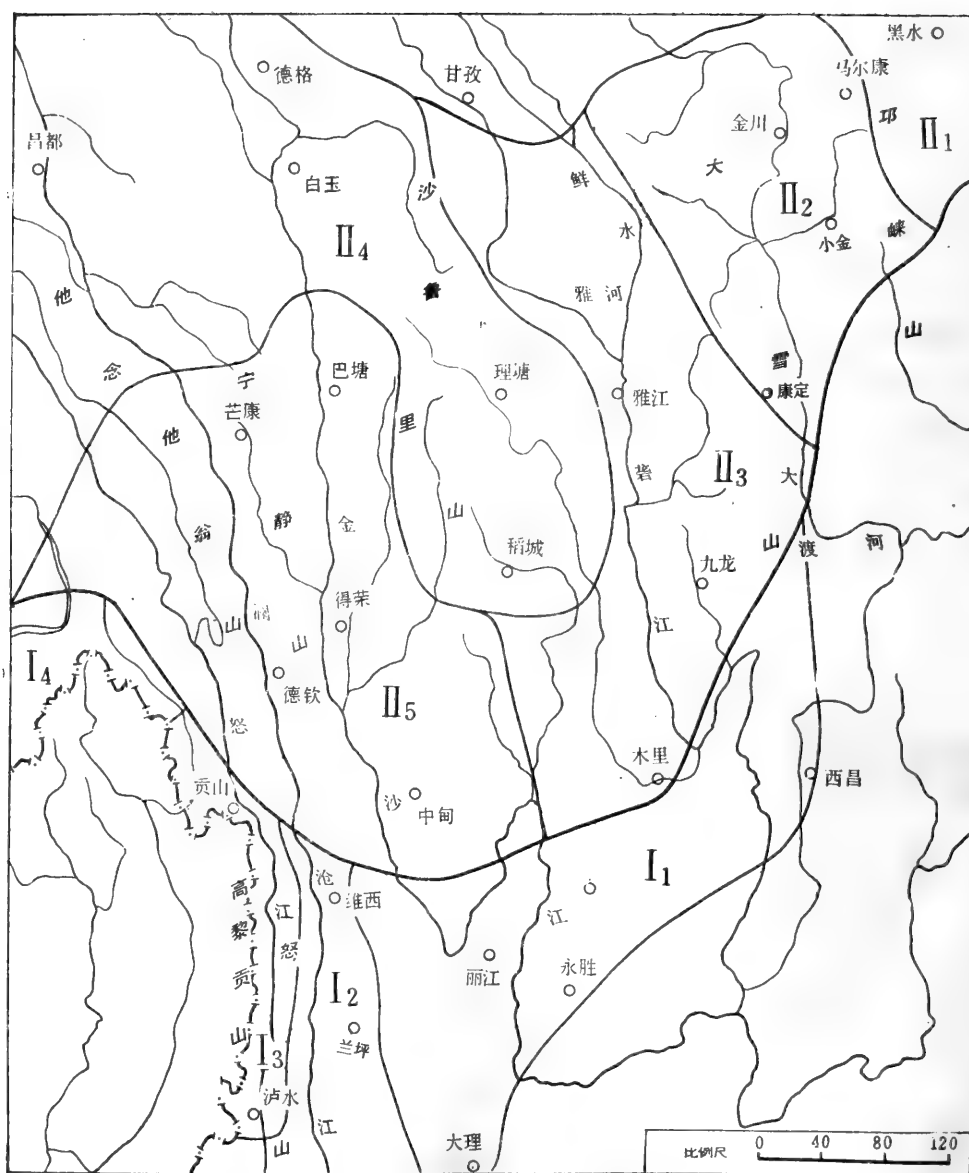


图13—1 横断山区综合自然区划

谷地的海拔2000米以下由于干旱、多浆，有刺灌丛所占据。常见有锦鸡儿(*Caragana* sp)、霸王鞭(*Euphorbia royleana*)、仙人掌(*Opuntia moncantha*)、醉鱼草(*Buddleja officinalis*)、羊蹄甲(*Bauhonia* sp)等。本区地带性土壤为红壤，河谷里有褐红壤和燥红壤。作物一年可两至三熟，有水稻、玉米及茶、油桐、甘蔗、香蕉等热带、亚热带经济林木。

本区热量资源丰富，雨热同期，有不少面积广大的坝子和许多巨大河流、湖泊提供灌溉条件等，均是发展农业生产的有利条件。有一定的森林资源，需有计划开采。本区

西部坝子少而小，耕地面积有限。在这些地面崎岖的地域，应充分注意水土保持，保护现有森林，严禁刀耕火种，陡坡退耕，修筑梯田，保护沟头谷坡。

本区又分为四个自然亚区。

1. 盐源——丽江中高山峡谷盆地自然亚区：本区地势高，河谷海拔一般在1000—1500米，山岭4000米左右，仅个别高峰超过5000米，如玉龙雪山海拔5596米。金沙江及其支流穿行在众多近南北向山岭之间，形成中高山岭谷与盆地相间的地貌类型组合。

垂直自然带由于暖河谷灌丛、褐红壤（海拔2200米以下），云南松林、红壤（2200—2600米）或高山栎类林、红棕壤，云冷杉林、棕壤暗棕壤，高山灌丛草甸、高山草甸土等组成。其组合表现为常绿阔叶林区向高原植被的过渡带类型。农作一年一熟，部分谷地可一年两熟。玉米、小麦、马铃薯为主，向日葵在盐源盆地生长良好。但这里分布较大面积石灰岩，漏水现象严重，因此搞好水利是发展农业的重要途径。森林资源较丰富，应有计划合理开采。

2. 维西——兰坪高中山峡谷自然亚区：属澜沧江流域，云岭、雪盘山和怒山、碧罗雪山东西挟持澜沧江南流。河流呈树枝状水系。两岸山岭海拔4000米左右，个别接近5000米，呈高中山峡谷地貌组合。澜沧江以东山顶较平缓，山原面保存相对比较完整，但以西切割强烈，峡谷多呈V字型，支流谷地尤为明显。

垂直带以亚热带为基础，基带为干性常绿阔叶林，但多经人为砍伐，而被云南松林所取代，自此以上为冷杉高山栎针阔混交林和云冷杉林。3000米以下较平坦的地方可辟为耕地，3000米以上林牧业比重显著增加。

3. 贡山——碧江高中山峡谷自然亚区：怒江南北纵贯，河谷一般海拔1000—1500米，呈典型树枝状水系。怒江两岸为高、中山所挟持，虽有怒江在中间流过，但东西两山脊间最窄处却只有20公里左右，山岭高3500—4000米。

本区迎向西南季风，水分较充分。垂直带谱中基带为湿性常绿阔叶林，主要树种为常绿栎类及樟、茶科植物，并含有较多季雨林成分，常绿阔叶林被破坏后为高草丛所占据，往上有铁杉常绿栎类针阔混交林，冷、铁杉暗针叶林，杜鹃、箭竹灌丛高山草甸等。高黎贡山西坡特别湿润，常绿阔叶林内树种繁多，且具苔藓林特征。

本区由于山地陡峻，因此滑坡、泥石流时有发生，耕地面积亦有限，刀耕火种问题突出。

4. 察隅河中山自然亚区：本区为东喜马拉雅山脉与横断山脉的交汇地段，地势较低矮，在3000—4000米之间，多平顶山岭。河谷为宽谷与峡谷相间。峡谷常见陡崖，宽谷段洪冲积平台、扇形地和阶地均较发育。垂直带的基带为云南松林，往上是针阔混交林，由高山松、川滇高山栎和油麦吊杉等为主组成；海拔2900米以上为暗针叶林带，暗针叶林被破坏后，为高山栎及箭竹锦鸡儿灌丛所取代。农田仅见于河谷，面积很小，但是西藏的主要水稻产区。这里耕作落后，至今还有刀耕火种方式。

II、藏东川西山针叶林区

本地区为横断山脉中北段，绝大部分地面海拔在3000米以上，山脊超过4000米，谷地一般在2500米以上。河谷深切，相对高差在1000—2000米，地势崎岖，地面破碎。最暖月均温12—18℃。降水多集中在5—8月，年降水量500—1000毫米，呈东南向西北递减

趋势，与种植业递减趋势一致。年干燥度0.8—1.5，东部比较湿润，西部比较干燥。径流深200—400毫米。

山地垂直变化显著，部分河谷底部由白刺花 (*Sophora vicifolia*) 组成干旱河谷灌丛，发育褐土；海拔1700—2200 (2400) 米的针阔混交林带由高山松 (*Pinus densata*)、川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*)、云杉、桦木、杨树等组成；暗针叶林带分布在2200 (2400) —3800 (4000) 米，以川西云杉 (*Picea likiangensis* var. *balfouriana*)、林芝云杉 (*P. likangensis* var. *linzhiensis*)、紫果云杉 (*P. purpurea*)、多种冷杉 (*Abies* spp.) 占优势。云杉很少纯林，均由多种落叶阔叶树或高山栎构成亚乔木层，树种地区间差异明显。森林分布由边缘连片逐渐向中心呈块状分布过渡。森林上限南高北低，达4400米 (阴坡) 至4600米 (阳坡)。它与最高耕作上限相符。本区沿河谷具有发展农业的有利条件，农业生产亦较为发达，种植业以青稞、小麦为主，也有玉米、油菜，但降水偏少而季节分配不均，春夏干旱较为严重。为提高单产，必须大兴水利，加速农田基本建设。森林资源丰富，目前正大力开采，但更新困难，应予注意。宜林荒山须加速绿化，特别是可以利用荒山发展经济林木，如苹果、核桃、花椒等。林区盛产贝母、虫草、大黄、党参、羌活、五加皮等中药材，应逐渐加以利用。江河水力资源丰富，有待开发。此外，因地势峻陡，岩层破碎，易发生滑坡、崩塌、泥石流；雷暴、冰雹、大风常见。在发展经济时应充分考虑这些不利因素，特别严禁开垦陡坡。本区又划分为五个自然亚区。

1. 黑水岷江上游峡谷自然亚区：岷江上游及其支流黑水河，杂谷脑河等流经本区。海拔1300—2200米，深切河谷受焚风影响形成较干旱河谷灌丛。1600—2200米阴坡及沟谷，为以常绿樟科与壳斗科植物和落叶栎类、槭树等构成常绿阔叶与落叶阔叶混交林带。由于气候寒冷湿润，2200—3600米的针叶林带成为本区优势垂直分带，以岷江冷杉为主，多种云杉、铁杉林也较普遍。3600—3800米以上为高山灌丛草甸。

农业集中在河谷，二年三熟。在发展农业时特别要加强对泥石流和滑坡的治理。

2. 金川、小金大渡河中游高中山峡谷自然亚区：南北向大渡河干流及众多支流纵贯全境，河流之间的分水岭切割破碎，峰顶林立，地势起伏颇大。河谷最低海拔1500米，最高山峰达5500米以上，相对高度一般1500—2500米。河床狭窄、阶地不甚发育。

垂直带的优势带是鳞皮冷杉林、川西云杉林及其混交林和高山松林，广泛分布在2400—4000米的范围内。其下有干旱河谷灌丛 (1500—2400米)，常绿和落叶阔叶林 (1800—2400米)；其上有高山灌丛草甸 (3800—4400米) 和流石滩植被 (4400—5000米)。

河谷农业一年两熟或二年三熟，主要作物为玉米、小麦、马铃薯等。本区冬春干旱，森林火灾频繁，应予注意。

3. 雅江——木里雅砻江中下游高山峡谷自然亚区：雅砻江及其支流鲜水河南北纵贯。地面破碎、起伏颇大，相对高度常达千米以上。地势北高南低，河流切割亦循此方向由浅及深，河谷愈形狭窄。

垂直带谱中，高山松、多种云冷杉组成暗针叶林带广泛分布于4000米以下深切沟谷。其上杜鹃种类丰富，构成大面积高山灌丛。

河谷农业一年可两熟，但土地面积小块零碎。海拔较高处，如新都桥一带，土地平整连片，但年仅一熟，种植小麦、青稞，尚需防霜。

4. 昌都——理塘三江上游山原自然亚区：三江上游，除河谷附近为高山峡谷外，其余均为4000米以上的山原。由于地势高亢、山原面寒冷，垂直带中针叶林仅沿河谷呈斑状分布；高山灌丛草甸分布很广，尤其是在海拔3800米以上的山原面保存完整，是当地主要牧场。耕地面积小，只宜种喜凉作物，一年一熟。建造水源涵养林和发展灌溉是重要的增产措施。河谷地形陡峻、森林生长量低，并多与灌丛草甸交错分布，林业发展亦受限制。

5. 德钦——巴塘三江中游峡谷自然亚区：横断山脉的中北段，地势北高南低，山岭河谷并列相间，河谷深切，山峦叠障，属高山峡谷地形。除高山区外，地形隐蔽、降水稀少，使喜阳耐旱河谷灌丛得以充分发展，广布在3000米以下地段，垂直带幅宽超过500米。3000—4000米，除部分阳坡及半阳坡为灌丛草甸外，其余均为暗针叶林。在水湿条件较好的山坡和沟谷有硬叶常绿阔叶林。区内粮食一年可两熟，部分两年三熟，但需灌溉并防止水土流失。

五、问题讨论

(1) 关于横断山区的范围。横断山区的范围过去只是泛指川滇藏境内南北纵贯、东西并列的山川。《中国自然地理·地貌》一书将该区限定为东以金沙江、点苍山、元江为界。西部北段包括藏东南的波密、察隅一带的伯舒拉岭，念青唐古拉山的东延部分。南段推到高黎贡山国境线。北部到北纬33°的玉树、杂多一线。南线更伸至越南、老挝国境。我们认为，这个范围过于广袤，尤其是南界和北界值得进一步商榷。首先，横断山区在滇西北的南界，根据考察，北纬25°30'以南因构造线控制，形成帚状山脉向南散开，已不具有山体与峡谷并列的形势，至少不完全具有这种形势。而代之以出现较为开阔的谷地、阶地，河流两侧的山体显著变得低矮，河流切割程度也远不如北纬25°30'以北地区。鉴于此，横断山区的南界拟应在道街、瓦窑、永平、漾濞、大理一线较合理。

至于横断山区的北界，则划在昌都、德格、甘孜、壤塘、若尔盖一线较为合理。此线以北地面切割浅，高原面保存完整。虽也有丘谷相间排列形势，但谷地开阔、浅丘浑圆，相对高度一般在50—200米之间。这种情况与横断山区山地高矗、峡谷深切有本质差别。

(2) 青藏高原与云贵高原的界线问题。由于横断山脉的南北走向，因此，青藏高原与云贵高原之间的界线一直不甚清楚。过去曾有几种不同的看法：从河谷考虑，以常绿阔叶林的北缘连线为界划分；也有从山地上部来分析的，如垂直自然带的差异，残余高原面的分布，河流横断剖面的特点等。我们认为青藏高原与云贵高原之间的界线，应属全国自然区划中的“0”级。其划分首先着重于地貌因素的差异，同时结合垂直自然带及组成该垂直带的各自然因素，主要是植被和土壤的地区差异来进行分析。

横断山区是青藏高原向云贵高原和四川盆地的过渡地带，是青藏高原的东南斜面。假如横断山脉是东西走向，那么无论是从主脊线还是通过山麓线都比较容易同云贵高原分开，界线也比较清楚。然而，事实上横断山脉是南北走向，向南倾斜，海拔逐渐降低，这就增加了问题的复杂性。尽管这样，似乎仍然可以象处理高原周围其他山地一样，把整个横断山区划入青藏高原的范围。当然，这样一来青藏高原的南界就要南伸至北纬25°

30'附近,显然同习惯上的认识相距甚远。这是一个值得探讨的问题。另一方面,考察中我们注意到在滇西北中甸县小中甸以南,海拔约2800米的硕多岗河存在最新一次河流裂点。在此以北,3000米以上高原面保存完整,干旱河谷灌丛由白刺花组成,发育褐土,高原面上是通过过渡性灌丛向暗针叶林过渡。而在以南,垂直自然带的基带、是亚热带常绿阔叶林及其被破坏后的云南松林,发育红壤,向暗针叶林过渡是温性常绿针叶林。河谷内攀枝花、霸王鞭、仙人掌、扭黄茅等干热植被均有分布。海拔3000米以上的高原面大多已支离破碎,成为残余山原面。据此,似可以把青藏高原与云贵高原的界线划在贡山北面的四季通—维西白济凡—中甸小中甸—盐源—一线。这条界线比我们在《试论青藏高原的自然地带》(1979年3月“地理学报”)一文中所划界线偏南,是否妥当尚需有关专业的同志们进一步讨论、验证。

(3) 以往我们在青藏高原主体部分划分高原和山地的指标采用海拔4000米。根据我们在横断山区的考察,这里有数级不同高度的高原面存在。以丽江、中甸一带为例,分别有海拔2800米,3200米和3800米等三级高原面,代表着地表不同时期的抬升和夷平过程。其中海拔2800米一级主要分布在云南境内,实际上是云贵高原的体现。为了客观反映青藏高原在其东南斜面横断山区的实际情况,本文把划分高原和山地的指标由海拔4000米降至大于3000—3500米。这个高度亦与作为高原垂直自然带基带的云、冷杉暗针叶林的下限大致相符。

参 考 文 献

- [1] 黄秉维:《中国综合自然区划草案》,于《科学通报》1959年第18期。
- [2] 郑度、张荣祖、杨勤业:《试论青藏高原的自然地带》,于《地理学报》第34卷第1期,1979年3月。
- [3] 林振耀、吴祥定:《青藏高原气候区划》,于《地理学报》第36卷第1期,1981年3月。

COMPLEX NATURAL REGIONALIZATION OF THE HENGDUAN MOUNTAIN REGION

Yang Qinye

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

Hengduan mountain region is a transitional zone from QinghaiXizang plateau to Yunnan-Guizhou plateau and Sichuan basin, with high mountains and deep gorges running in parallel from south to north. The region as a whole tips from north to south. The regional differences are determined mainly by the features of topography and the atmospheric circulation. During summer, southwest warm and mist monsoon dominates, while in winter, the westerlies. Vertical zonation is obvious, and closely correlated with horizontal zonation. According to combination of temperature, moisture, and top-

ographic characteristics, two natural regions and nine sub-regions may be divided,

I. Region of tropical and subtropical mountain forests in the northwestern Yunnan and Southwestern Sichuan; The region is located outside the Qinghai-Xizang plateau proper, with intensive fluvial erosion and deep gorges. The typical vegetation type is evergreen broad-leaf forest. There is evergreen rainforest at lower altitudes, too.

1. Yangyuan-Lijiang middle and high mountain, deep gorge and basin sub-region.
2. Weixi-Lanping high and middle mountain, deep gorges subregion
3. Gongshan-Bijing high and middle mountain, deep gorge subregion.
4. Zayu river middle mountain sub-region.

II. Region of coniferous forest in eastern Xizang and western Sichuan; The region is located in southeastern Qinghai-Xizang and there are many gorges. The vertical zonation is marked. The typical zonation is coniferous forest and the upper forestline is located as high as 4400-4600m. a. s. l.

1. Heishui gorge sub-region.
2. Jinchuan and Xiaojin high and middle mountain, gorge subregion.
3. Yajiang-Muli high mountain, gorge sub-region.
4. Changdu-Litang plateau mountain sub-region.
5. Deqin-Batang gorge sub-region.

注: 参加1981年考察的还有沈康达, 赵松乔审阅, 甄淑平同志绘图, 特此致谢。

14. 青藏高原东缘中段地区 自然垂直带的初步研究

钟祥浩 郑远昌

(中国科学院成都地理研究所)

本区范围介于北纬 28° — 35° 之间,东经 102° — $104^{\circ}30'$ 之间,包括广元—灌县—雅安—屏山一线以西,南坪—松潘—黑水—鹧鸪山—康定—贡嘎山主脊以东地区。本区为一南北延伸的弧形狭长地带,是青藏高原向四川盆地过渡的高山峡谷区。区内地形复杂,气候多样,动物和植物种类繁多,资源十分丰富,四川省的重点自然保护区多分布在这一区域内。但是,由于人类活动的影响较大,自然环境受到不同程度的破坏。因此,深入开展对区内综合自然地理的研究,对于山地资源的合理开发、利用和保护等问题都具有十分重要的意义。

本文是我们在考察贡嘎山和岷江中游流域卧龙自然保护区等地的山地自然垂直带的基础上,并参考前人的有关资料[1,2,3,4],对本区山地自然垂直带的结构特征及区域分异规律的初步探讨。

一、自然垂直带形成条件

区内山岭叠嶂,主要有如下几条较大的山脉组成:①龙门山脉,占据着区内北段,呈东北西南向,山岭一般高在海拔3500米上下,主峰九顶山高达4982米,为阿坝州东南部的一扇“屏风”。②邛崃山脉,北起鹧鸪山,向南延伸与夹金山相接,山岭一般高在海拔4000米左右,主峰四姑娘山海拔6250米,为四川省第二高山。③夹金山,北接邛崃山脉南端,呈北北东走向,长达百余公里,最高峰5000余米,为大渡河与青衣江支流天全河、宝兴河的分水岭。④大相岭,北西走向,一般海拔2500—3000米,为大渡河与青衣江的分水岭。⑤大雪山脉(南段),南北走向,主脊线海拔5000米左右,贡嘎山主峰海拔7556米,为青藏高原东部最高山峰。⑥小相岭,位于石棉以南,主峰钵头尖峰海拔4500米,在小相岭的东南部为海拔1500—3500米的山原。⑦小凉山,在本区南部,山岭高约3000米左右,大风顶高达4035米。由于区内山体高大陡峻,河谷深邃狭窄,岭谷高差十分悬殊,一般高差在1000—4000米,其中卧龙地区达5000米,贡嘎山东坡达6400米,这就为本区山地自然垂直带谱的形成具备了先决条件。同时,由于山体的位置、山体大小以及坡向的不同,导致山地自然垂直带谱结构特征有明显的区域性。

本区属中亚热带气候。东南季风、西南季风和西风急流南支影响着本区南部的天气过程。本区的北部主要受东南季风和西风急流南支的控制,造成气候上的区内差异性。

同时, 由于山脉多作南北走向, 也导致山体东西两坡向之间的气候差异(见表14—1)。热、水等条件的不同, 导致了山地自然垂带的区域分异。

表14-1

站 名	马 边	汉 源	雅 安	泸 定	灌 县	汶 川	小 金
海 拔 (米)	541.2	796	682	1321	706.7	1448.5	2465
年平均气温(℃)	17.0	18.0	16.2	15.5	15.2	12.8	11.9
年降水量(毫米)	1108.5	741.8	1805.4	664.4	1264.7	513.9	617.2
≥10℃积温(℃)	5483.2	5844.7	5088.6	4768.2	4690.0	3796.0	3485.0
年平均相对湿度(%)	80	67	79	66	81	69	52
资 料 统 计 年 份	56—70	51—70	51—70	60—70	54—70	59—70	51—70

二、不同区域的自然垂直带

（一）龙门山、邛崃山小区

该小区包括平武、北川县全部，灌县、崇庆、汶川、茂汶、松潘、绵竹和安县等县的部分地区。山地自然垂直带谱一般具有下列自然带：

(1) 山地亚热带常绿阔叶林——山地黄壤带

该带位于海拔2000米以下,年平均气温在 10° — 24°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温小于 5000°C , 1月份平均气温 $0-4^{\circ}\text{C}$, 7月份平均气温 $16-24^{\circ}\text{C}$, 年降水量在1100毫米左右。

自然植被为常绿阔叶林，主要以耐寒的种类组成，如山毛榉科的青栲 (*Cyclobalanopsis glauca*)，曼青栲 (*C. oxyodon*)，包石栲 (*Lithocarpus Cleistocarpus*) 等和樟科的油樟 (*Cinnamomum longipaniculatum*)，黑壳楠 (*Lindera megaphylla*)，汶川钓樟 (*L. limprichtii*) 等。灌木层多以油竹 (*Sinarundinaria ferax*) 占优势。在海拔1600米以上，常绿树成份减少，而落叶阔叶树成分增多。在卧龙地区的落叶树多为连香树 (*Ceridiphyllum japonicum var. sinensis*)，珙桐 (*Davidia involucrata*)，水青树 (*Tetracentron sinense*)，以及野核桃 (*Juglans cathayensis*) 等。由于人为影响，在海拔1600米以下地段植被盖度为30%左右，在海拔1600米以上可达70%。栽培植被主要有玉米、小麦、马铃薯和水稻等。这一带发育的土壤为山地黄壤、山地黄棕壤。

(2) 山地暖温带针阔叶混交林——暗棕壤带

该带分布在海拔2000—2500米,其上限为冬季积雪线的下限;年平均气温4—10℃,1月均温0—4℃,7月均温12—16℃,≥10℃积温<2000℃。在卧龙自然保护区“五一棚”1979年观测资料⁽⁵⁾,平均温6.26℃。

自然植被是由松科的铁杉属 (*Tsuga*)，云杉属 (*Picea*)，落叶松属 (*Larix*) 和桦木科的桦属 (*Betula*)，槭树科的槭属 (*Acer*)，杨柳科的杨属 (*Populus*)，椴树

科的椴属 (*Tilia*) 等组成乔木层^①。盖度达70—90%。灌木层以大箭竹 (*Sinarundinaria chungii*) 占优势, 其它灌木种类稀少, 常见的有绒毛杜鹃 (*Rhododendron pachytrichum*), 星毛杜鹃 (*R. asteroneuron*) 等。该带为大熊猫的主要活动场所。栽培植物主要是马铃薯、荞麦等。本带发育的土壤为暗棕壤。

(3) 亚高山寒温带暗针叶林——山地棕色暗针叶林土带

该带分布于海拔2500—3600 (3800) 米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $< 1000^{\circ}\text{C}$, 无霜期在35天左右。自然植被多以岷江冷杉 (*Abies faxoniana*) 纯林的林型出现, 在局部地方有落叶松属的四川红杉为主的林型。在半阴坡, 还混杂有云杉属的植物和黄果冷杉 (*Abies ernestii*), 以及落叶阔叶树的桦属树种。灌木以冷箭竹 (*Sinarundinaria fangiana*) 占优势, 此外还有杜鹃花科 (*Rhododendron*), 忍冬科 (*Lonicera*) 和蔷薇科 (*Rosa*) 的植物。草本植物稀少, 地被特别发育, 层外植物有长松萝。该带发育酸性的山地棕色暗针叶林土。

(4) 亚高山亚寒带灌丛草甸——亚高山草甸土带

该带分布于海拔3600—4600米, 风大寒冷。自然植被一般分灌木、草本和苔藓植物层。灌木多为低矮的杜鹃花科植物, 如紫丁杜鹃 (*Rhododendron violaceum*), 此外, 还有柳 (*Salix* spp), 高山绣线菊 (*Spiraea alpina*), 岩须 (*Cassiope fastigiata*) 等。草本植物主要有蒙自藜芦 (*Veratrum mentzianum*), 珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*), 银莲花 (*Anemone tomentosa*) 等。在卧龙巴郎山的阳坡有硬叶常绿阔叶的高山栎 (*Quercus*)。土壤为亚高山草甸土。

(5) 高山寒带疏草——寒漠土带

该带位于海拔4600—4900 (或5000) 米, 气候严寒, 一般植物已不能生长。在寒冻风化作用下, 到处都是大大小小的石块, 形成石海。在茫茫石海中, 生长有一些耐寒的垫状植物, 如苞叶风毛菊 (*Saussurea obovata*), 水母水莲花 (*S. medusa*), 绵参 (*Eriophyton wallichii*), 垫状点地梅 (*Androsace tapete*) 和蚤缀 (*Arenaria* Sp.) 等。该带发育的土壤为多石的寒漠土。

(6) 极高山冰雪带

该带在海拔4900米以上地段, 为冰雪覆盖区。以四姑娘山为中心的邛崃山脉的冰雪覆盖面积计约40平方公里左右, 是青藏高原最东的冰雪覆盖区。

(二) 夹金山东南部、大相岭东北部小区

包括荣经、天全、宝兴、芦山等的全部和大邑、邛崃、名山、峨眉等县的一部分。山地自然垂直带谱具有4个自然带。

(1) 山地亚热带常绿阔叶林——山地黄壤带

该带在海拔2200米以下; 年均温 $12-16^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温达 5200°C 左右, 1月份均温为 $2-6^{\circ}\text{C}$, 7月份均温 $18-25^{\circ}\text{C}$; 年降水量在1200—1600毫米之间。

由于人为活动的影响, 在海拔1800米以下的地段, 自然植被已破坏。但从幸存的树木中可以看出, 该地段是以山毛榉科的栲树 (*Castanopsis fargesii*), 樟科的峨眉黄

^① 据秦自生、胡锦涛 (1981) 待发表资料。

肉楠 (*Actinodaphne omeiensis*)，西南赛楠 (*Nothopoebe cavaleriei*) 和山茶科的厚皮香 (*Ternstroemia gymnanthera*) 等组成的亚热带常绿阔叶林，林中夹有少量的喜湿桫欏植物。在该带的中部主要为峨眉栲 (*Castanopsis platyacantha*)，包石栎、青栎 (*Cyclobalanopsis glauca*) 等。在海拔1800米以上，常绿树减少，落叶阔叶树的成分增多，如珙桐、连香树、水青树以及桦树和槭树等。灌木以箭竹为主。栽培植被有水稻、玉米、小麦、马铃薯等。由于岩性的影响，在较低海拔处侏罗系紫红色砂、页岩出露的地方，发育酸性紫色土，其它大部分地方发育山地黄壤。

(2) 山地暖温带针阔叶混交林——暗棕壤带

该带处于海拔2200—2700米，年平均气温为6—12℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $< 2500^{\circ}\text{C}$ ，1月均温0—6℃，7月均温12—18℃。该带的下限与夏季云雾线下限相一致，而带的上限为其它季节的云雾线的下限。

由于人为活动的影响，大部分地区森林已被采伐。但是，从总的来看，较大面积的植被仍以铁（杉）—槭、桦混交的形式出现。在天全、宝兴等地保留有小片铁杉 (*Tsuga chinensis*) 和云南铁杉 (*T. dumosa*) 纯林。在天全、宝兴、芦山一带有岷江冷杉、黄果冷杉等混杂于林中。在雅安、名山和峨眉一带，有峨眉冷杉混生于带的上部。落叶树种以青榨槭 (*Acer davidii*)、五尖槭 (*Acer maximowiczii*) 等及桦木科的粗皮桦 (*Betula utilis*)，白桦 (*B. platyphylla*) 等。灌木层以多种杜鹃 (*Rhododendron* spp.) 和箭竹 (*Sinarundinaria nitida*) 占优势。草本植物稀少，活地被发达。发育山地暗棕壤。

(3) 山地寒温带暗针叶林——漂灰土带

该带分布在海拔2700—3700米，终年云雾缭绕，为喜湿耐寒的峨眉冷杉 (*Abies fabri*) 为主纯林。群落外貌呈深绿色，结构简单，郁闭度达70—80%。在个别地方混杂有岷江冷杉和麦吊杉 (*Picea brachytyla*)。由于林内阴暗潮湿，活地被十分发育，厚度达10厘米以上。在土壤形成过程中，漂灰化作用明显，形成漂灰土。

(4) 亚高山亚寒带灌丛草甸——亚高山草甸土带

该带分布在海拔3700以上的山顶部分。自然植被因坡向而异，在阴坡往往以柳、杜鹃灌丛和银莲花、珠芽蓼、委陵菜和报春等草本。在阳坡有绣线菊 (*Spiraea* sp.) 等灌丛和早熟禾 (*Poa* sp.) 等草本。发育亚高山草甸土。

(三) 贡嘎山东南部、小相岭北部小区

该小区在贡嘎山主脊岭线以东和小相岭、大相岭之间的高山峡谷区，包括泸定、石棉、汉源等县，以及甘洛、峨边等县的大部分。区内山地自然垂直带谱结构复杂，从河谷底部到山顶可划分为下列7个带：

(1) 山地亚热带常绿阔叶林——黄壤、黄棕壤带

该带在海拔2400米以下，年均温在12—18℃的范围， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为4500—6000℃，1月均温4—8℃，7月均温18—24℃。带的上限为冬季积雪线的下限。河谷底部区域年降水量为650—850毫米。依彭曼公式计算，其干燥度为1.0左右，属半湿润气候。在甘洛、峨边一带分布有马尾松 (*Pinus massoniana*) 林，在汉源、石棉和泸定县城以南的大渡河谷，海拔1400米以下地段，分布有云南松 (*Pinus yunnanensis*) 林。在海拔

1400—2000米的河谷，多喜湿的油樟 (*Cinnamomum longipaniculatum*)，山楠 (*Phoebe chinensis*)，以及润楠 (*Machilus pingii*) 等樟科植物。在海拔2000—2400米，主要有竹叶楠 (*Phoebe faberi*)、包石栎、细叶楠 (*Phoebe hui*) 等常绿树种，同时混生有连香树、水青树，以及多种槭树和桦树。栽培植被主要有水稻（限于海拔2000米以下），玉米、小麦、马铃薯等。

由于生物及气候条件较为复杂，在河谷底部地域发育山地黄褐土（或山地褐土），由此往上发育山地黄红壤、山地黄壤和山地黄棕壤。

(2) 山地暖温带针阔叶混交林——暗棕壤带

该带位于海拔2400—2800米，年平均气温在6—12℃之间， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在2500—5000℃，1月平均气温0—4℃，7月平均气温12—18℃，年降水量1200—1400毫米。

自然植被为铁杉—槭、桦混交林。针叶树主要有铁杉和云南铁杉，此外，在带的上部有少量峨眉冷杉和油麦吊杉 (*Picea brachytyla* var. *Complanata*) 混杂林中。落叶树种有多种槭和糙皮桦、香桦 (*Betula insignis*) 等。林下灌木以箭竹占优势。该带已无人工植被。发育的土壤为山地暗棕壤。

(3) 山地寒温带暗针叶林——漂灰土带

该带分布于海拔2800—3500 (3800) 米。在贡嘎山东、南坡，年降水量达1400—1800毫米。带幅为终年云雾带，带内寒冷潮湿。自然植被为冷杉 (*Abies fabri*) 纯林，林下灌木甚少，只有小量大白杜鹃 (*Rhododendron decorum*) 等，草本植物少，而活地被十分发达，厚达20厘米以上，主要有锦丝藓 (*Actinotuidium hookeri*) 和山羽藓 (*Abietinella abietina*) 等。由于环境潮湿，土壤为发育在第四纪冰碛物上的漂灰土。这是本区发育最典型的漂灰土。

(4) 亚高山亚寒带灌丛草甸——亚高山草甸土带

该带只见于贡嘎山东坡，分布于海拔3500—4200米的缓坡。自然植被为金露梅 (*Potentilla fruticosa*)，理塘杜鹃 (*Rhododendron litangense*)，高山绣线菊和多种早熟禾 (*Poa* spp.)，珠芽蓼、报春 (*Primula*) 等组成的亚高山灌丛草甸。此外还有川贝 (*Fritillaria cirrhosa*) 和虫草 (*Cordyceps sinensis*) 等名贵中药材。在这一带内，发育亚高山草甸土。

(5) 高山寒带草甸——高山草甸土带

分布于海拔4200—4600米的山岭中上部，为高山草甸植被。群落组成主要是四川嵩草 (*Kobresia setchwanensis*)，高山嵩草 (*K. Pygmaea*)，淡黄香青 (*Anaphalis flavescens*)，乳白香青 (*A. lactea*)，黄总花草 (*Spenceria ramalana*)，蓝钟花 (*Cyananthus hookeri*)，独一味 (*Lamiophlomis rotata*)，岩须、蚤缀、羊茅 (*Festuca ovina*) 和康定萎陵菜 (*Potentilla tatsienensis*)，以及多种龙胆 (*Gentiana* spp) 等组成。高山草甸土是该带的土壤，土层薄而多岩屑。

(6) 高山寒冻疏草——寒漠土带

该带位于海拔4600—4900米。由地势高亢严寒，以寒冻风化作用为主，形成大大小小的岩屑群（又叫流石滩）。在这样恶劣的条件下，一般植物已不能生长，但是，在大石块之间，生长着不畏严寒强风的植物，如水母雪莲花、四裂红景天 (*Rhodiola qu-*

adrifida) 和扭连线 (*Phyllophyton complanatum*) 等垫状、多绒毛、根长的植物。在大小石块之间, 往往在流水线和低洼处发育有土层极薄的砂质土壤——高山寒漠土。

(7) 极高山冰雪带

贡嘎山东坡, 由于受西南季风和东南季风的控制, 降水十分丰富, 所以, 雪线一般都在海拔4900米上下。在这一线以上至山顶为终年冰雪覆盖的冰雪带。

(四) 小凉山小区

本区分布于黄茅埂以东的马边、雷波、峨边等县。山地自然垂直带谱具有下列4个带:

(1) 山地亚热带常绿阔叶林——山地黄壤、黄棕壤带

该带在海拔2400米以下, 年均温 $13-17^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温在5500 $^{\circ}\text{C}$ 左右, 一月均温 $2-7^{\circ}\text{C}$, 7月均温 $20-26^{\circ}\text{C}$; 年降水量1000毫米左右, 位于金沙江和大渡河河谷的雷波、马边年雨量在850毫米左右。

在海拔1500米以下地段, 主要是以栲树和刺苞米楮 (*Castanopsis carlesii*) 为主的常绿阔叶林, 此外, 林内还混有少量樟科、山茶科及五加科植物。在海拔1500—2000米以丝栗 (*Castanopsis platyacantha*)、华木荷 (*Schima sinensis*) 为主的林型, 林内附生、寄生和藤本植物较多, 有些地方呈现出亚热带季雨林的景色。在海拔2000—2400米的常绿阔叶林以峨眉栲、包石栎为主, 同时杂生有珙桐、香桦和多种槭树, 组成常绿阔叶与落叶阔叶混交林。栽培植被, 在海拔1000米以下以水稻、小麦、玉米、红苕、花生为主要农作物; 在1000—2000米以玉米、水稻为主; 在2000—2400米以玉米、马铃薯为主。土壤分布状况, 在海拔2000米以下为山地黄壤, 2000米以上为山地黄棕壤。

(2) 山地暖温带针阔叶混交林——暗棕壤带

该带分布于海拔2400—2900米。针叶树以云南铁杉为主, 此外还有铁杉、峨眉冷杉、油麦吊杉 (*Picea brachytyla* var. *complanata*) 和糙皮桦及多种槭组成的针阔叶混交林。林下灌木以大箭竹 (*Sinarundinaria chungii*), 冷箭竹、箭竹占优势。栽培植被主要是马铃薯、荞麦、燕麦和豆类。土壤为山地暗棕壤。

(3) 山地寒温带暗针叶林——漂灰土带

该带在海拔2900—3800米, 年降水量达1800毫米左右。自然植被为以峨眉冷杉为主的亚高山阴暗针叶林, 在带的下部有油麦吊杉和云南铁杉混生。林下植物以箭竹为主, 此外还有多种杜鹃。成土过程以漂灰化作用为主, 发育山地漂灰土。

(4) 亚高山亚寒带灌丛草甸——亚高山草甸土带

该带只有在大风顶等海拔4000米左右的山岭才有分布。自然植被主要由地盘松 (*Pinus densata* var. *pygmaea*)、腋花杜鹃 (*Rhododendron racenosum*) 川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*), 箭竹和野青茅、羊茅、珠芽蓼等组成的亚高山灌丛草甸。土壤发育为亚高山灌丛草甸土。

三、山地自然垂直带谱的区域差异性及其成因初探

从上述可以看出,本地区山地自然垂直带谱的基带属于湿润亚热带常绿阔叶林——山地红壤、山地黄壤带。但是,由于山体的地理位置和山体大小不同,山地自然垂直带谱的结构特征以及同一自然带的分布高度和带的组成成分等方面都有区域性差异。

(一) 基带分布高度由南而北降低,自东而西升高。

小凉山小区的亚热带常绿阔叶林带的上限为海拔2400米,而夹金山东南部和大相岭东北部小区为2200米,龙门山—邛崃山小区为2000米。而常绿阔叶林的分布高度由南向北依次为海拔2000米,1800米和1600米。

自东向西的变化,主要表现在夹金山东南部、大相岭东北部小区与贡嘎山东南部、小相岭北部小区之间,前者的亚热带常绿阔叶林—山地黄壤带分布上限为2200米,后者分布高度为2400米。常绿阔叶林植被类型分布的高度,自东而西分布为1800米和2000米。

(二) 组成基带的建群植物南北不同、东西有别

小凉山小区的常绿阔叶林以栲树林和刺苞米楮林为主,在该带的中部以丝栗和华木荷为主,林内附生和寄生现象普遍。夹金山东南部和大相岭东北部小区以樟科和山毛榉科的植物占优势。龙门山和邛崃山小区以樟科的钓樟属和木姜子属植物最为普遍。

自东向西的变化,在贡嘎山东南部和小相岭北部小区的河谷喜湿性的常绿树种类较少,而在海拔1600米以上湿性成分明显增加,但在种类和群落结构上都比东部地区简单。

(三) 其余各带的植物组成亦有明显的区域差异

就山地暖温带针阔叶混交林—暗棕壤带而言,其中组成混交林的针叶树种中,龙门山小区以铁杉、云南铁杉为优势;夹金山东南部和大相岭东北部小区亦相同;而在本区南部的小凉山小区则以云南铁杉占优势。

在亚高山寒温带暗针叶林带的成分上,龙门山和邛崃山小区以岷江冷杉占优势;在夹金山东南部和大相岭东北部小区,小凉山小区则以峨眉冷杉为主。但森林上限区域分异不明显。

在土壤方面,本区北部暗针叶林下的成土过程中漂灰化作用差,而中南部暗针叶林下的漂灰化成土作用较强。

造成本地区山地自然垂直带的区域差异,主要是区域性热、水条件不同所致(见表14—1)。热量条件自南向北减少,如马边的年平均气温为 17.0°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温为 5483.2°C ,而汶川的年平均气温为 12.8°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温为 3796.0°C ,前者比后者分别高 4.2°C 和 1687.2°C 。热量条件的南北差异,是导致山地自然垂直带南北区域分异的重要因素之一。同时,由于东、西之间降水量的不同,如雅安年降水量为1805.4毫米,而泸定的年降水量只有664.4毫米,东、西两地之间降水量相差一倍以上,这是山地自然垂直带东、西差异的主要原因。

参 考 文 献

- [1] 四川植被协作组:《四川植被》四川人民出版社,1980。
- [2] 管仲天:《小凉山树木图志》四川人民出版社,1980。
- [3] 杨玉波、李承彪、杨钦周:《四川森分区的初步研究》,于《西南师范学院学报》1981年第1期。
- [4] 李德融、朱鹏飞:《关于四川森林土壤地理分区的初步研究》,于《土壤学报》1965。
- [5] 胡锦涛:《卧龙自然保护区大熊猫、金丝猴、牛羚生态生物学研究》四川人民出版社,1981。

A PRELIMINARY STUDY ON THE NATURAL VERTICAL ZONATION IN THE MIDDLE PART OF THE EASTERN PERIPHERY OF QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Zhong Xianghao Zheng Yuanchang

(Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

This region is located in the transitional belt between Qinghai-Xizang Plateau and Sichuan Basin.

There are six geographical zones in the small region of Longmen Mountains and Qionglai Mountains and four geographical zones in the small region in the northeast of Daxiangling and southeast of Jiajin Mountains. In the small region in the north of Xiaoxiangling and southeast of Gcngga Mountains there are seven geographical zones, in the small region of Xiaoliang Mountains there are four. The base of this region is situated in the humid subtropical evergreen broad leaved forest-red soil and yellow soil zones. Its upper limit lowers both northwardly and eastwardly, and that the constructive plants are also totally different.

15. 贡嘎山地区地貌类型及制图※

刘淑珍

(中国科学院成都地理所)

贡嘎山地区位于青藏高原的东缘,山高谷深,雪岭纵横,地貌形态多样,地貌类型复杂。根据野外考察和室内遥感图象的判读,我们对贡嘎山地区地貌类型的形态特征、成因及分布规律进行了初步的探讨并编制了二十万分之一的贡嘎山地区地貌类型图(见所附彩色地图)。工作范围是北纬 $29^{\circ}20'$ — $30^{\circ}5'$,东经 $101^{\circ}36'$ — $102^{\circ}15'$;即北起康定、折多山垭口,南抵田湾河,东达大渡河,西至立启河,面积达六千多平方公里。

一、自然概况

贡嘎山地区属横断山系东部大雪山脉的中段。主峰贡嘎山海拔7556米,为横断山系最高峰。山体高大挺拔,大致呈南北走向。区内超过六千米的山峰有45座,主峰东北的中山峰海拔6886米,西北的骆驼峰海拔6290米。海拔五千米以上的山地占全区面积的六分之一,至今这些山地的大部分仍为冰雪所覆盖。现代冰川以主峰为中心呈放射性展布,最长的海螺沟冰川冰舌伸入森林带内6公里,冰舌末端海拔仅2850米,为典型的季风海洋性冰川。

区内地势起伏明显,主峰至大渡河谷(海拔约1100米),水平距离不到三十公里,高差达6400米,相对高度之大实为罕见。

区内以贡嘎山主山脊线为界,东西两部地貌截然不同,东部为陡峻的高山狭持深遂的谷地;西部为辽阔的高原面镶嵌以宽浅的谷地。

大渡河及雅砻江的支流立启河流经本区,大渡河从北到南纵贯本区东部;立启河自西北流入本区至西南流出,田湾河、磨西河、玉农溪等均为大渡河、立启河的支流。

本区所处纬度位置属亚热带,但由于巨大的海拔高度,导致水热条件垂直变化明显,气候垂直地带性是本区气候的一个显著特征。东部大渡河谷底属亚热带气候,向上至贡嘎山顶,具有从亚热带到永久冰雪带的完整气候垂直带谱。因海拔高全区年均温比同纬度的东部地区低,区内海拔1300米以下、年均温大于 15.0°C ,海拔1300—3000米范围,年均温为 $15.0-4.0^{\circ}\text{C}$,海拔3000米以上,年均温小于 3.0°C 。海拔1600米以上基本上无四季之分,一月和七月的月均温在区内也变化较大,东坡的泸定(海拔1321米),一月均温 6.2°C ,七月均温 22.8°C ,而西北坡的新都桥(海拔3461米),一月均温仅

※ 参加野外工作的同志还有:刘新民、赵永涛、王明龙、胡发德、李钟武、陈继良等。参加编图的还有沈镇兴、吴茵二同志;工作中得到了锡祉教授、王明业、穆桂春副教授的指导,表示感谢。

-3.6℃, 七月均温12.8℃。降雨东西坡差异较大, 东坡年降雨量可达600—2000毫米; 西坡年降雨量仅700—900毫米。东西坡均有干湿季之分, 西坡较东坡更明显。雨季为6—10月, 降雨可占全年总降雨的82—88%。一般在海拔3500米以上的高山地区, 特别是西坡, 日照时间较长, 全年可达1600—2500小时, 较四川盆地高一倍。太阳辐射强烈, 光能资源丰富, 平均年总辐射可达120千卡/厘米²①。

由于气候垂直变化的影响, 导致本区土壤和植被的垂直地带性明显, 如东坡和南坡从河谷底部至高山顶部发育了山地黄红壤、山地棕壤、山地暗棕壤、山地漂灰土、亚高山草甸土、高山草甸土和极高山寒漠土。而植被发育了亚热带常绿阔叶林带、暖温带针阔叶混交林带、寒温带阴暗针叶林带、亚高山亚寒带灌丛草甸带、高山寒带草甸带及高山寒冻疏草流石滩带等呈完整的垂直带谱, 大部分地区保存程度较好, 仅局部地段由于森林砍伐严重, 形成水土流失。

二、地质基础

本区在大地构造单元上处于青藏板块与扬子板块的交接带上, 因此在地质发育中, 明显受二大板块的影响。贡嘎山主山脊以东又明显受康滇地轴南北向基底构造带的影响。印支—燕山运动期间, 在东西向推挤力的作用下, 同时受南北向基底构造带的影响, 形成了南北向构造带, 如子梅山向斜、莫溪沟背斜、贡嘎山向斜、草坪背斜、草科向斜等。并先后相继产生了三组断裂带, 即以大渡河断裂为主的南北向断裂带, 以鲜水河断裂为主的北西向断裂带, 以玉农溪断裂为主的北东向断裂带。北西向的鲜水河断裂、腾增沟断裂与北东向的玉农溪断裂、徐挖——田湾断裂相交形成贡嘎山菱型断块, 此菱型断块是贡嘎山断块山的基础。

区内岩性不甚复杂, 田湾——磨西——雪门坎一线以东出露元古界的闪长岩、石英闪长岩、斜长花岗岩; 雪门坎、新兴沿磨西河的狭长地带出露二叠系变质较深的云母石英片岩、绿泥石片岩、大理岩、结晶灰岩、石英砂岩、炭质板岩; 贡嘎山东坡雪门坎至折多塘一带主要为燕山期黑云母花岗岩。贡嘎山主峰及毛坪以西分布有少量的燕山期末期的二长花岗岩②。西坡除零星出露燕山期花岗岩体外, 大面积出露三叠系黑色、浅黄色、黄色浅变质砂岩、板岩、千枚岩、粉砂岩、大理岩、结晶灰岩等。玉农溪断陷谷地内有老第三系的上乌红层分布。沿各大沟谷可见第四系不同时期的冰碛物及河流相堆积物。

新第三纪以来, 区内新构造运动异常活跃。它不仅使老构造在原有基础上进一步加深和改造, 而且使新老地层进一步发生褶皱和断裂, 在区内形成了北东向一组水平错动断裂, 并伴有一定岩浆活动。由于新生代以来印度板块向东北方向的快速移动形成的强大挤压力的影响, 使区内断块抬升作用加速, 加之下伏岩浆的上托作用, 使贡嘎山主峰高耸于群峰之上。同时断块差异抬升作用使统一的夷平面解体为多级夷平面。后期的

① 段长林、张先发等1981年资料。

② 四川省地质局第二区测队1976年资料。

间歇性抬升作用，在山坡上形成多级剥蚀面，河谷里形成多级阶地。纵横交错的断裂控制着河谷及冰川谷的延伸方向。

三、工作方法及地貌分类原则

(一) 工作方法

首先对前人工作进行认真地分析研究，了解区内地貌特征、成因及研究程度、存在问题等。然后对本区三十万分之一的卫星象片（ERTS—1,2）和六万分之一的黑白全色象片（1968年12月拍摄）进行初步解释，通过解释对本区地貌类型的形态特征、排列组合及分布规律有初步的认识。

第二阶段为野外调查，环贡嘎山四坡穿越了七条路线，最高登至5200米。对区内地貌类型的形态特征、成因及分布规律进行详细的调查。

第三阶段为室内整理，对大量野外调查资料进行整理分析，对航空象片进行详细解释，并对采集的沉积物样品、朽木样品进行颗粒分析、同位素 C^{14} 测定等。最后编制了贡嘎山地区地貌图。

(二) 地貌分类原则及分类系统

地貌形态是地壳表层物质在内外力共同作用下的产物，地貌形态的特征及分布规律必然会反映内外力作用的类型、强度及其相互影响与制约的关系。因此我们的分类采用“基本地貌面组合方式进行形态分类及以气候地貌学方法进行成因分类”的分类原则。即第一级，以基本地貌面的组合方式为原则分为六个形态类型：①山地，②丘陵，③台、阶地，④扇形地，⑤谷地，⑥平原。再以气候地貌学方法为原则，根据现代主导外营力的差异进行第二级分类，共分为17个类型（也是制图单位）：

1. 山地

- (1) 流水作用山地
- (2) 融冻作用山地
- (3) 冰雪作用山地
- (4) 寒冻风化作用山地

2. 丘陵

- (5) 流水作用丘陵
- (6) 融冻作用丘陵

3. 台、阶地

- (7) 夷平面
- (8) 剥蚀面
- (9) 阶地
- (10) 冰碛堤

4. 扇形地

- (11) 冲洪积扇：a. 新冲洪积扇
b. 老冲洪积扇

(12) 倒石堆

5. 谷地

(13) 河流谷地、大冲沟

(14) 断裂侵蚀谷地

(15) 古冰斗、古冰川谷

(16) 现代冰斗、冰川谷

6. 平原

(17) 冲积、湖积平原

四、地貌类型特征及分布规律^③

(一) 山地

全区广为分布，以贡嘎山主峰为中心，向四周海拔逐渐降低。山脉大致呈南北走向，与构造线基本一致。山地的相对高度最大可达5000—6000米，是新第三纪以来强烈断块抬升作用形成的年轻的断块山。由于海拔高度和相对高度变化较大，气候的垂直变化形成塑造地貌形态的外营力呈现有规律的变化，不同海拔的山地经受的外力作用是不同的，依据此原则将山地分为四种类型。

(1) 流水作用山地：主要分布于大渡河和立启河的两侧，山地的海拔自1000米至4000米不等。气候温暖，降水充沛，东南部的田湾一带，降雨全年可达1000毫米以上，因此塑造地貌形态的主导外营力为流水作用。其次是物理风化作用和化学风化作用。基岩不断风化，在流水的面状侵蚀和线状侵蚀下，山地不断降低。因此这一类山地多数较低矮，形态较浑圆，斜坡坡形多呈凸形，坡度35度以下，山地的山坡或山脊上多覆盖有较厚的风化壳和坡残积层。以磨西河至大渡河之间的山地最为典型。

(2) 融冻作用山地：主要分布于玉农溪、莫溪沟、烂泥巴河的两侧，海拔东坡为3600—4900米，西坡为4000—5200米。这一类型的山地，年均温在0℃左右，其中11月至翌年4月气温在0℃以下，地表处于冻结状态，5月至10月处于0℃及0℃以上，地表为融解状态。如海拔4300米的绿海子附近，季节性冻土层可达二米多厚，4600米的九海子附近，季节性冻土层可达2.5米厚，西坡贡嘎寺后山一带季节性冻土层超过2米。因此融冻作用是塑造这类山地形态的主要外营力，其次有重力作用和流水作用。在基岩裸露的山地，日温差，年温差都很大，岩石晚上冷缩，白天热胀；基岩裂隙中的水冬季冻结，夏季融化，冬夏交替季节，白天融化，晚上冻结。就是这种融冻作用使基岩产生强烈的破碎，形成这一类型的山地，山峰尖峭，山坡陡峻。坡形上段尤为陡峻，为直线坡，坡度多在40度以上，甚至为陡崖；下段为缓坡，多为凸形坡，常分布有重力作用或蠕动作用形成的碎屑堆积坡。较平缓的山顶常分布有融冻上托作用形成的大片石海。雅家埂、雪门坎一带，燕子沟新房圈一带均为这一类型的山地。土层较厚的山坡常发育泥流阶地，如草坪一带，贡嘎寺后山，九海子一带山地均可见。

^③ 以下均参看贡嘎山地区地貌类型图。

(3) 冰雪作用山地：主要分布于主峰周围，其海拔高度东坡为4900米以上，西坡为5200米以上的被冰雪覆盖的山地。由于冰雪的保护作用及冰雪自身的重力作用，使这一类型山地形态较为和缓。

(4) 寒冻风化作用：分布于主峰周围，其海拔在东坡为4900米以上，西坡5200米以上的无冰雪覆盖的山地，山地坡度陡峻，外营力以寒冻风化作用为主，坡形上部较陡，坡度可达60度，下部呈凹形坡，由于坡度陡，冰雪无法停留，沿斜坡向下坠落形成雪崩，对坡面形成巨大的刨蚀和磨蚀作用。

(二) 丘陵

区内分布范围很少，只在东北部、北部及夷平面上有零星分布。根据现代外营力的性质可分为两类。

(5) 流水作用丘陵：零星地分布于区内的北部和东北部，相对高度一般在200米以下，形态浑圆，坡度和缓。

(6) 融冻作用丘陵：零星地散布于夷平面之上，相对高度百米左右，也有人称为“蚀余山”。但因海拔均在四千米之上，因此现代外营力以融冻作用为主。

(三) 台、阶地

这一形态类型是顶面为平面周边为斜面或一边为斜面的基本地貌面组成的台状或阶地地貌形态。按其主导外营力可分为四类。

(7) 夷平面：区内山顶或山脊分布有面积大小不等的平坦地面，即夷平面。夷平面与周围的斜坡组合成台状地貌形态。夷平面是新第三纪以来外力侵蚀剥蚀形成的。后来第四纪以来新构造运动的断块差异抬升作用，使其抬高形成现在的台状地形。按海拔在区内大致可以分为如下几级：①2900—3000米，②3500—3700米，③4200—4400米，④4600—4700米，⑤5000—5200米。

东西坡夷平面分布和保存的完整性差异较大。东坡有五级，但均保存很差，零星分布。西坡仅有后面三级，即最低为4200—4400米，分布较广，保存较好。特别是4200—4400米及4600—4700米两级尤为典型。如西坡的宁圭拉托夷平面，面积达40多平方公里，坡度只有5—8度，四周斜坡高达800余米，坡度25—30度，由花岗岩组成，为典型的台状地形。

(8) 剥蚀面：在夷平面以下，河谷之上的山坡或山腰上普遍发育有顶面平坦，面积不大的阶梯状地形。区内发育有三级（见表15—1），它们是地壳间歇性抬升的产物，同一级剥蚀面的连线与河流流向基本一致，但其高出河面的高度已超出现代河谷。其中高出河面300—400米的一级发育较好。

(9) 阶地：区内各大河流都发育有4—5级阶地，沿河流呈长条状不连续分布，其中1—3级阶地保存较好，特别是1—2级阶地，阶地面宽阔平坦，是目前人类活动的主要场所。但4—5级阶地无论阶地面或陡坎都不同程度地遭到破坏。特别是五级阶地只零星地保留于谷坡的上部。1—3级多数为堆积阶地，4—5级阶地多数为基座阶地，少数地区为堆积阶地。山区河流多数阶地为冲洪积作用的共同产物，特别是各大沟口与主流交汇的部位，阶地面积较大，组成物质由洪积物和冲积物呈互层出现，韵律明显。阶地后缘常被洪积物覆盖。磨西河在新兴一带发育有五级阶地（见表15—2），其

表15—1

各级剥蚀面高出河面的高度（米）

河	级数		一	二	三
	流				
立	启	河	300	600	900
玉	农	溪	300	500	800
莫	溪	沟	400		800
磨	西	河	400	600	1100
田	湾	河	400	600	1000
大	渡	河		600	1100

中 T_4 发育最好，称为磨西台地，阶地面最宽达一公里，沿河延伸十四公里，阶地面以5度的坡度向下游微倾。至下游吊嘴以下为基座阶地，其基座为花岗岩或闪长岩。燕子沟也发育有四级阶地，其中 T_2 、 T_3 发育较好。其物质组成也为冲、洪积互层出现，药王庙附近的 T_2 剖面如下：⑤厚2米，坡积物覆盖层。④厚2.5米，灰白色中粗砂，夹有泥炭层，采样经 C^{14} 同位素测定，其年龄为 1490 ± 70 年。③厚5.5米，灰黄色，砾石夹砂，砾石磨圆较差，分选不好，砾径10—30厘米不等，最大为2米。砾石成份为二长花岗岩，闪长岩，石英岩，板岩等。②厚7米，黄灰色，砾石和砂各占一半，砾径为10—20厘米，磨圆中等，分选较好，砾石成份同上层。①厚8米，全被坡积物覆盖。

(10) 冰碛堤：贡嘎山地区不仅第四纪曾发生过冰川作用，而且现代冰川亦较发育。因此不论现代冰川谷两侧或古冰川谷内都广泛分布有冰碛堤、冰碛垄和冰碛阶地等。较老的因遭到破坏，只以台地形式零星分布于沟口或谷坡上。如南门关沟沟口、巴王沟沟口都保留有较老的冰碛阶地。如南门关沟沟口的冰碛阶地长1公里，阶面宽60—100米，散布有大的冰漂砾。磨西河上游草坪一带，古冰川侧碛堤沿谷延伸达十公里之长，宽近一公里，前端由于高出堤面的终碛垄的阻挡形成了冰碛湖，名曰：猪腰子海。西坡的贡嘎沟内也分布有冰碛堤。各现代冰川的两侧都发育有侧碛堤，如燕子沟冰川两侧有两道侧碛堤，内侧一堤是现代冰川侧碛堤。外侧一堤为新冰期侧碛堤，高出冰面60—70米，离开现代冰舌末端向前伸出一公里，高出河面100—120米。其剖面的下部为分选不好，无磨圆的砾石夹砂组成，砾石成份为黑灰色砂岩、板岩及花岗岩等。而上部50米左右为砾石层和砂砾层，由于砾石的A轴平行于冰川流向，因此砾石层具有不太明显的层理。海螺沟冰川和叉沟冰川均有此种现象。

(四) 扇形地

其形态表现为由向一方倾斜的单一的斜面组成。按其成因可分为二类。

(11) 冲洪积扇：流水的堆积作用形成的。主要分布于各大小冲沟的出口处，特别是西坡，强烈的风化作用产生了大量的碎屑物质，或者沟谷上游为古冰川谷，谷内分布有古冰碛物，雨季时这些物质被流水携带下来，在沟口堆积为洪积扇形地。有的地区几个洪积扇联接起来形成巨大的洪积扇裙，如西坡的居里坝一带洪积扇非常发育，最大的

表15-2 主要河流阶地情况表

高出河面(米)	阶地数	大渡河				磨西河			燕子沟		立启河		玉农溪		榆林河				
		瓦斯沟口	得妥	磨西河口	田湾河口	草坪子	小河子沟口	新兴	蔡阳坪	南关河坝	药王庙	桂花桥	沙德	生古	上居水	日布交	康定城	吊海子	骑马桥
T ₁		10 ^Δ	10 ^Δ	10 ^Δ	5 ^Δ —10	5 ^Δ	20 ^Δ	5 ^Δ —10	5 ^Δ —10	15 ^Δ	5 ^Δ —10	6 ^Δ	6 ^Δ	4 ^Δ	5 ^Δ	5 ^Δ	5 ^Δ —6	10 ^Δ	8 ^Δ
T ₂		15 ^Δ	20 ^Δ	16 ^Δ —35	25 ^Δ	30 ^Δ	30 ^Δ	30 ^Δ —35		29 ^Δ	30 ^Δ	16 ^Δ	16 ^Δ	10 ^Δ —15	20 ^Δ	15 ^Δ	20—30		22 ^Δ
T ₃		50 ⁺	40 ⁺	50 ⁺ —60	50 ^Δ	65 ⁺	50 ⁺	50 ^Δ —65	80 ^Δ		50 ^Δ	31 ^Δ	31 ^Δ	30 ^Δ	40 ^Δ	55 ^Δ		60 ^Δ	62 ^Δ
T ₄		120 ⁺	80 ⁺	120 ⁺			80 ⁺	85 ^Δ	99 ^Δ	100 ^Δ	100 ^Δ	40 ^Δ	40 ^Δ	70 ^Δ —80				110 ⁺	110 ⁺
T ₅		210 ⁺	210 ⁺				200 ⁺	180 ⁺	150 ⁺			64 ⁺	64 ⁺	100 ⁺ —110	90 ⁺	100 ⁺			
								T ₁ 朽木 C ₁₄ 同位素 年龄为 7420±90 年											

注: ^Δ堆积阶地 *基座阶地

洪积扇裙沿河延伸长达3公里。一些小的冲沟沟口也堆积有小的冲出锥，如东坡磨西河左岸的胜利沟至折田坝的4公里距离内就分布有大小洪积扇6个。这些冲洪积扇目前都是居民点和农业区的所在地。

根据冲洪积扇的时代新老又分为两个亚类：新冲洪积扇为a亚类；老冲洪积扇为b亚类。

(12) 倒石堆：在寒冻风化和融冻风化作用下基岩破碎，由于重力作用堆积于岩脚或坡脚部位，形成大小不等的倒石堆或岩屑坡等。拦碛沟左侧五千米左右的山坡上分布有规模较大的倒石堆裙，面积达0.5平方公里。

(五) 谷地

贡嘎山地区属于新构造运动活跃的地区，隆起和断裂作用都很强烈，海拔四千米以下降雨也较充沛。特别是东坡，年降雨量平均可达600—2000毫米，流水的切割作用非常强烈，第四纪以来的古冰川作用及现代冰川作用也较强烈。上述各种作用形成的负地貌在区内广泛分布，按其成因又可分为四类。

(13) 河谷、大冲沟：区内主要河流有大渡河、立启河及其支流田湾河、磨西河、玉农溪等。这些河流在流水的作用下形成宽几百米甚至千余米的河谷，在地壳强烈抬升的地区形成峡谷。如大渡河谷，泸定至加郡段为宽谷，谷宽近千米，挖角至得妥段为峡谷段，谷宽仅百米，最窄处只有50米左右。立启河河谷宽而浅，一般宽1公里左右，最宽可达2公里。此外，区内大小冲沟非常发育，东坡最大切割密度可达4.3公里/公里²。

在分类中，因阶地已单独列为一个类型，因此河谷这一类型在图面上只表示谷底和河漫滩部分。

(14) 断裂侵蚀谷：断裂作用形成的槽谷，河流沿槽谷发育。谷地两侧断层三角面和断层崖发育，如东北部的冷竹关沟等。

(15) 古冰斗、古冰川谷：第四纪以来贡嘎山地区至少发生过二次冰川作用④，因此冰蚀地形异常发育。4000米以上的山地，古冰斗广为分布，按其海拔高度可以分为四级（见表15—3），越高越新。

表15—3 古冰斗平均海拔表

坡向	项目	一 级		二 级		三 级		四 级	
		平均海拔(米)	个数	平均海拔	个数	平均海拔(米)	个数	平均海拔(米)	个数
北	坡	4830	6	4677	16	4445	42	4200	7
西	坡	4920	6	4700	43	4539	40		
南	坡	4880	6	4638	22	4469	36		
东	坡	4830	6	4602	2	4412	7	4152	8

注：一级、四级大部分是根据冰斗出口处的海拔计算。

二级、三级大部分是根据冰斗湖的海拔计算。

④ 胡发德、王明龙等：1981年资料

在此四级古冰斗中，4400—4500米一级最为发育，冰斗规模大，多为谷首冰斗，形如串珠状或长条状，一般宽1—2公里，长2—3公里，如玉农溪的支流曼达日河源头的古冰斗宽2公里、长3公里。

区内古冰川谷也十分发育，磨西河、玉农溪等河谷上游都是原来的古冰川谷，磨西河上游的古冰川谷长达15公里。据不完全统计，本区的古冰川谷谷深和谷宽之比多数在1:2.5—1:3.0之间，属窄型冰川谷，这也是海洋性冰川的特征之一。

(16) 现代冰斗、冰川谷：贡嘎山地区是我国现代冰川最发育的山地之一，大小冰川有近百条，冰川类型有冰斗冰川、悬冰川、山谷冰川等。现代冰斗海拔东坡为4900—5000米，西坡为5100—5200米，最高可达5400米左右。贡巴冰川冰斗南北宽1.5公里，东西长1公里，后壁直抵主峰。

现代冰川谷也较发育，最长的海螺沟冰川谷长达14.8公里，属窄型冰川谷。

(六) 平原

形态上由单一的平面组成的平坦或略有倾斜的平坦地面，其成因为堆积作用，本区只有这种类型。

(17) 冲积和湖积平原：区内分布很少，湖积平原只在萎缩的冰碛、冰蚀湖的周围有小块分布，而冲积平原只在巴王沟入田湾河的入口的下方有分布，其面积可达2平方公里。

本文试图通过贡嘎山地区地貌类型的研究对山地地貌类型的划分问题作一探讨，文中提出“以气候地貌学方法进行成因分类”的初步尝试这一方法其优点是避免了以“高、中、低山”划分山地类型时高度指标在全国不易统一的问题，同时因为引入了气候要素及外力作用的方式和强度为农业利用提供了科学依据。但是这种尝试仅仅是开始，很不成熟，问题还不少，有待进一步补充、完善。

参 考 文 献

崔之久：《贡嘎山现代冰川的初步观察》，于《地理学报》24卷3期 318—337页，1958年。

CLASSIFICATION OF GEOMORPHOLOGICAL TYPES AND GEOMORPHOLOGICAL MAP OF GONGGA MOUNTAINOUS REGION

Liu Shuzhen

(Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

Located at the east edge of Xizang plateau Gongga mountainous region is a young rhombus-shaped fault-block mountain. 45 peaks are over 6000 meters in elevation in the Gongga mountainous region and the main peak is 7556 meters. The present glaciers in radiant distribution around the main peak are typical marine glaciers of the monsoon region.

The relative elevation is very large in this region. For example, the

horizontal distance from the main peak of Gongga Mountain to the valley of Dadu river is only 30 kilometers, but the relative elevation is 6400 meters.

The very high elevation makes the vertical zonation of the water and temperature conditions quite obvious, and hence the complicated geomorphological types in this region.

Through field investigation and analysis of remote sensing image, we have studied the origin and the distribution of the topographic features and made a geomorphology map in scale of 1: 200,000.

The principle of geomorphic classification is in accordance with morphological classification of combination of basic geomorphic surface and morphogenetic classification of the climatic geomorphology. First the area is divided into 6 morphological types which are divided further into 17 morphogenetic types.

1. Mountains

- 1) Mountains due to the action of running water
- 2) Mountains of solifluction
- 3) Mountains of glaciation
- 4) Mountains of frost action

2. Hills

- 5) Hills due to the action of running water
- 6) Hills of solifluction

3. Platforms and terraces

- 7) Planation surface
- 8) Denudation surface
- 9) Terrace
- 10) Moraine duke

4. Fan-lands

- 11) Alluvial-pluvial fan
 - a) New alluvial-pluvial fan
 - b) Ancient alluvial-pluvial fan
- 12) Talus

5. Valleys

- 13) River valley
- 14) Erosional fault valley
- 15) Ancient cirques and glacial valleys
- 16) Present cirques and glacial valleys

6. Plain

- 17) Alluvial or Lacustrine plain

16. 卧龙地区地质地貌特征

李钟武 刘淑珍 陈继良

卧龙垂直自然带区位于横断山东部的邛崃山脉东坡，地处川西高原向四川盆地过渡的交接带上。地势上自西向东，从海拔6250米的四姑娘山向东急速过渡到中山、低山区直至盆地边缘。这种地势上的垂直变化导致区内地貌与植物生长上的垂直带状结构，成为我国最重要的大熊猫自然资源保护区。这里不仅有大熊猫、牛羚、白唇鹿等珍稀动物，还有连香树、珙桐等各种珍贵植物。

为了进一步查明卧龙垂直自然带区的地质地貌背景特征，1981年我们对区内进行了初步考察。有鉴于四川省地质局区域地质测量队已提交了该区1:20万区域地质调查报告，我们的工作侧重于对第四纪地质特征的考察。现就取得资料和初步认识介绍于后，错误之处请指正。

一、地质构造特征

(一) 构造特征

卧龙地区地跨我国西部地槽区和东部地台区向西部地槽区过渡的龙门山褶皱带。自中生代以来经历了多期构造变动，尤以三叠纪末的印支运动影响最为强烈。它使本区强烈褶皱隆起成陆，不仅奠定了本区北东向构造格局，而且产生了一系列北东向大断裂带，地层普遍发生了变质作用。

自侏罗纪至第三纪，本区未再接受沉积，长期处于剥夷之中。第三纪末至第四纪初的喜山四幕新构造运动结束了本区相对稳定的状态，开始强烈快速隆起，地形发生重大变形，到晚更新世时期的最后一次强烈新构造运动，最终形成了近于现今地貌景观。

(二) 地层特征

大致以皮条河为界，西部为中生代三叠纪变质岩系分布区；东部为古生代地层分布区，其中部分地层发生变质作用，在东南边缘有少量三叠纪煤系地层分布。现将出露地层作综合简述。

1. 古生界地层

(1) 前古生界黄水河群 (Pthn)：变质的灰色英安岩、流纹岩、中酸性火山砾岩、角砾状凝灰质流纹岩，总厚174—907米。

(2) 震旦系灯影组 (Zbdn)：浅灰色白云岩、页岩、炭质页岩、炭质粉砂岩、粘土岩夹含磷硅质岩，厚300米左右。

(3) 奥陶系 (O)：浅灰色砂岩、石英砂岩夹砂质板岩，上部为龟裂纹灰岩，总厚大于54米。

(4) 志留系茂县群 (Smx) : 为一套变质的碎屑岩。按岩性、岩相及生物组合特征可分 5 组。总的岩性以灰色、灰绿色绢云母千枚岩、绢云母石英千枚岩为主, 夹石英岩、石英砂岩、灰岩、大理岩, 总厚大于 2000 米。

(5) 泥盆系 (D) : 以映秀—三江断裂为界, 东部为灰色至深灰色薄层状灰岩、泥质灰岩夹炭质页岩、页岩、砂岩、粉砂岩, 厚 637—1378 米; 西部为深灰色炭质千枚岩、千枚岩、绢云母石英千枚岩夹石英岩、角砾状灰岩, 厚度大于 640 米。

(6) 石炭系 (C) : 灰色薄层至中厚层状灰岩夹千枚岩、炭质千枚岩、生物碎屑灰岩, 厚 121 米左右。

(7) 二叠系 (P) : 下统为灰色结晶灰岩夹砂砾岩、生物碎屑灰岩、砂岩及角砾状灰岩, 总厚 77 米左右; 上统为灰绿色斑状蚀变玄武岩, 厚 50 米左右。

2. 中生界地层

主要分布在皮条河以西的广大地区, 由单一的三叠纪地层组成。本区东南角三江一带有三叠纪含煤地层分布。

(1) 下三叠统菠茨沟组 (T_{1b}) : 以灰色板岩、砂质千枚岩、薄层含钙变质粉砂岩为主, 成微细韵律互层, 夹钙质变质细砂岩, 薄层泥砂质灰岩; 厚度变化大, 本区新店子一带厚 170 米。

(2) 中三叠统杂谷脑组 (T_{2z}) : 下部以灰色厚层至块状变质的含钙长石石英砂岩为主, 夹炭质千枚岩、绢云母千枚岩; 上部为灰色中至厚层状变质的含钙细粒长石, 石英砂岩夹炭质千枚岩、深灰色薄层结晶灰岩, 总厚 849 米左右。

(3) 上三叠统侏倭组 (T_{3zh}) : 由灰色薄至中层状变质的长石石英砂岩与炭质千枚岩、粉砂岩, 呈韵律互层, 厚 1500 米左右。

(4) 上三叠统新都桥组 (T_{3xn}) : 由深灰色薄板状变质的钙质细砂岩、粉砂岩与炭质千枚岩、灰色绢云母石英千枚岩, 呈韵律互层, 厚 500 米。

(5) 上三叠统须家河组 (T_{3xj}) : 仅见于本区东南三江一带。岩性为黄色至黄灰色石英砂岩、粉砂岩夹煤层, 厚大于 1100 米。

3. 新生界

区内新生界仅发育了第四系各类沉积物, 详见本文第四纪地层一节。

4. 岩浆岩

区内岩浆岩分布在汶川—耿达断裂以东的东北部, 沿构造线呈北东向分布。属元古代古老侵入岩。主要岩石类型有花岗闪长岩、闪长岩、斜长花岗岩等, 由多期侵入体相互穿插组成。倾向北西、北东的两组节理发育, 倾角多在 50 度以上, 以致沿此两组节理常形成陡崖、峡谷地貌。

二、地貌特征

本区由于地处四川盆地向青藏高原过渡的地带, 总体构造线走向呈北东至南西向, 地势由东南向西北递增。以皮条河为界, 东南部除个别山峰超过海拔 4000 米外, 均在海拔 3200 米以下, 最低的三江口一带山地海拔仅 2000 米左右。皮条河以西的广大西北部地

区的山地均在海拔4000米以上,超过海拔5000米的山峰多达60余座。这些山峰四周至今仍有小规模现代冰川发育。邛崃山主峰四姑娘山海拔6250米,周围有5条现代冰川呈放射状展布。山川走向北东至南西,地势西北高东南低为地貌一大特征。

第二特征是山高谷深,相对高差悬殊。本区自第三纪以来,新构造运动异常活跃,山体剧烈抬升,河流强烈下切,形成山高坡陡谷深的高山峡谷地貌景观。在水平距离极短的范围内海拔高度发生急剧变化,如主峰四姑娘山西侧的长坪沟沟口海拔3600米,与主峰相距仅3.5公里,相对高差达2650米;主峰东侧的正沟源头海拔3550米,与主峰相距5公里,相对高差达2700米,比降达500—700‰,高差之悬殊实为罕见。

由于河谷多呈峡谷,只在地层较软弱的地段形成宽谷,因此河谷两侧虽发育有5级阶地,但分布面积狭小,除T₁级阶地保存较好外,其余均受到破坏。而且由于谷坡陡峻,滑坡与崩塌经常出现。

由于第四纪以来的间歇性抬升作用,本区河谷以上的山坡或山腰上发育了多级剥蚀面,可分为海拔2000—2200米,2400—2500米,2800—2850米,3000—3100米4级。各级剥蚀面上多已发育有厚1米左右的黄褐色土壤层。

重力地貌发育,泥石流广布是本区地貌的第三特征。由于区内断裂发育,地层褶皱强烈,多倒转褶曲,岩层倾角多在50度以上,加以节理、裂隙发育,岩层破碎,山坡陡峻,故重力地貌十分发育,山崩、滑坡等到处可见。如沿皮条河两岸发育有若干大型滑坡体和大大小小的崩塌与倒石堆。在各沟谷源头山坡上部均分布有较多的重力堆积物和一定数量的古冰碛物。这些松散物质成为区内泥石流发育的重要物质基础。而新构造运动的强烈抬升导致河床比降陡峻,一般均在100—250‰。区内降雨集中,为泥石流的产生创造了水动力条件。故区内各沟口均有大小不等的多期泥石流扇分布,直到今天,泥石流仍不断发生,成为重要的自然灾害之一。

皮条河以西的海拔4000米以上的高山地带,古冰川遗迹较发育。据不完全统计,区内古冰斗可分4级,海拔高度分别为4100—4200米,4300—4400米,4500—4600米,4700—4800米。现代冰斗已退缩到5000米以上。不论古冰斗或现代冰斗,规模都较小,一般长和宽均在1公里左右。部分古冰斗中保存有冰斗湖。据初步统计,有冰斗湖30个,其中最大的大水海子、双海子冰斗湖湖面积约1平方公里。古冰川谷主要位于大魏家沟、鹦哥嘴沟、银厂沟、卧龙关沟等这样一些大型水系源头,一般长6—7公里,下伸到海拔3500—3600米地带,个别最低下伸到海拔3200米处。无论从古冰斗或古冰川谷的规模都可见本区第四纪以来冰川活动的范围、规模都较小,普遍保存在现今海拔3400米以上地带。与贡嘎山地区比较,大为逊色。

三、第四纪地层

区内广泛分布的是一套岩性软而脆,并被强烈褶皱揉皱了的千枚岩类岩石,又经历了漫长的风化剥蚀作用,岩石十分破碎。高山之上因冰川与寒冻作用产生大量堆积物,加上第四纪以来本区快速隆起,地势陡峻,地震活动强烈,造成区内在不同地带发育了不同类型的第四纪地层。

（一）第四纪冰川堆积物

李承三等在《四川龙门山南段东坡及其山前带第四纪冰川遗迹》一文中认为，区内先后有过5次冰期，现今区内几乎所有大小河沟，包括岷江在内，都是古冰川谷，至今各河沟两侧，尤以沟口一带尚保存有较好的冰碛物。冰川活动广泛见于海拔仅800米的地带直达川西平原西部，形成所谓岷邛冰泛堆积[1]。

1981年我们对北起汶川南到漩口的岷江两岸，尤以皮条河流域为重点进行考察，发现区内第四纪冰川曾有过活动。古冰川谷最低下限除个别在现今海拔3200米，其余均在3400米以上地带。在大的冰川谷中见有古冰碛物，似为同一期堆积物。海拔3500米以下广大地区内河谷形态均为V型谷。李承三等所分5级冰期地形均在海拔3500米以下，大致与我们所定4级剥蚀面高度相当。

各沟口古冰碛物均属泥石流堆积物。如七盘沟、板桥沟、大溪沟等，至今仍是阻碍交通的泥石流沟。耿达转经楼沟右岸5级冰碛物，经观测，实为泥石流与皮条河冲积物组成的混合型阶地。1964年转经楼沟还暴发一次泥石流，形成巨大泥石流扇，覆于 T_2 级阶地之上，河床改道取直傍右岸（照片版21—1）。耿达崔家磨子沟口的崔家磨子古冰斗，为一漏斗形大型古滑坡体，今天它的前端还在缓慢滑动之中（照片版21—2）。在1981年皮条河上游泥石流过程中还形成有类同冰川成因的泥石流型石碑石（照片版21—3），其上也有钉子形擦痕和打击坑。因此深入研究和探明区内的古冰期活动范围仍是一项十分重要的任务。我们认为，根据整个龙门山地带即青藏高原向四川盆地过渡的地带，至今是我国大熊猫以及珙桐等古稀动植物能生存至今的重要地带。似乎说明本区在第四纪冰川活动时期，海拔高度不大，气候较暖，只在晚更新世末最后一次冰期活动时，区内由于强烈隆起，才在高山地区发生了规模不大的冰川活动。只有这种古地理环境，才能使第三纪广为生存的大熊猫等动、植物得以保存下来。

区内第四纪冰川的详细划分与确定还待进一步工作。

（二）河流沉积

区内由于多峡谷地形，第四纪以来河流的下切侵蚀作用又十分强烈，故区内河流沉积作用表现出洪积作用较冲积作用更为重要。

（1）洪积堆积

本区每条河沟都发生过2次以上较大的洪积堆积过程。由于河床比降大，雨量集中，碎屑物质丰富，洪水作用主要以泥石流运动形式为主，至今仍年年有所暴发。据调查，每20年左右，暴发一次规模较大的泥石流活动。1981年本区即有14条沟暴发泥石流，如鹦哥嘴沟泥石流冲下22万方土石，壅水高达7.3米。龙岩沟泥石流龙头，直达100米外的皮条河右岸斜坡之上，高出河面10米，泥石流将下游约1公里处的 T_1 级阶地和保护站房屋全部夷平，直径达 $5 \times 5 \times 5$ 的巨砾搬运到1公里以外公路上。耿达转经楼沟，1964年泥石流暴发，在条带河汇合口形成宽约1公里，厚40米的泥石流扇直接覆于皮条河左岸 T_1 、 T_2 级阶地上（照片版21—1），泥石流扇向转经楼沟内延伸3公里左右，旧河道由左岸取直改入现右岸河道。转经楼沟上游黄草坪一带尚存古泥石流堤堆积物。沿转经楼沟两岸支沟口普遍有厚达5—20米的老泥石流扇形台地（照片版21—4）。卧龙管理局所在地曾为皮条河古河道，约60年前因花红树沟暴发泥石流。在沟口现尚存

宽约400米，厚30米的泥石流扇。泥石流沿皮条河向下移动在河心形成厚10米的泥石流堤，河道取直进入现河道，古河道形成今日之洼地。

总之，区内洪积作用十分强烈，稍大的沟口都有宽达100—300米左右的洪积扇分布，而且至今仍时有活动，是区内十分重要的自然灾害。

(2) 冲积物

由于河谷多峡谷，流水冲刷作用强烈，所以第四纪以来虽先后形成了5级冲积阶地，但多被后期流水作用破坏，现今仅有 T_1 、 T_2 级阶地保存较好。但各级阶地分布极不连续，规模小，而且二元结构不发育，多数由砾石层组成，一般阶面宽不大于100米，延长多在300—500米间。各级阶地距河面高为 T_1 3—5米， T_2 8—15米， T_3 20—30米， T_4 70—105米， T_5 140米左右。

全新世以来，河床中表现有相对沉陷的现象，河床中普遍有数米厚的堆积物，皮条河下游渔子溪月亮地河床堆积物厚72米。沿皮条河两岸普遍发育一级河漫滩沉积物，高出河面1米左右，宽10—20米，最宽达100米左右。

区内冲积物堆积的一个特点是，在两条河交汇处形成规模较大，保存较好的多级阶地。阶地成分由冲积物与泥石流型洪积物组成，如耿达5级阶地即由转经楼沟洪积物与皮条河冲积物组成。映秀5级阶地由皮条河冲、洪积物与岷江冲积物混合组成。现将耿达剖面介绍如下，见图16—1、照片版21—1、照片版21—5。

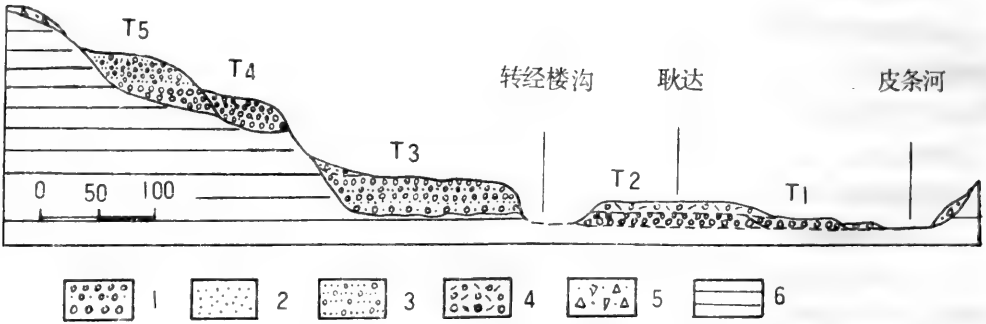


图16—1 耿达第四系堆积剖面

1.砂砾石 2.砂 3.黄土状含砾砂质粘土 4.1964年泥石流堆积 5.坡残积层 6.基岩

T_5 级阶地：高出河面140米，阶地面宽50米，长200米，厚30—31米，自下而上可分5层。①砾石层，以花岗闪长岩、黑云母花岗岩、斜长花岗岩砾石为主，其次有千枚岩、砂岩砾石，砾径0.7—1.8米，多为次圆状，风化强烈，花岗岩砾石具球状风化壳，砾石具定向排列，倾向转经楼沟上游方，倾角15—20度，由黄褐色粉砂、粘土胶结，厚1.5米。②黄褐色至褐黄色含砾粉砂土，砾石成分主要为变质岩，其次有少量花岗岩类砾石，多为次棱角状，厚1.2米。③砾石层，砾径变小，一般为0.3—0.6米，其余特征同①，厚2.5米。④褐黄色含砾粉砂土，特征同②，厚2.5米。⑤砂砾层，黄褐色，砂与砾石各占50%，砾石主要为花岗岩类，砾径0.2—0.5米，次圆状，半固结状，厚22米。⑥褐黄色含砾粉砂土，特征同②，厚0.3—1米。

T₄级阶地：高出河面105米，宽50米，由斜长花岗岩、黑云母花岗岩、闪长岩砾石组成，砾径多在1米左右，次圆状，具褐黄色风化壳。其次有少量变质岩砾石，由褐黄色黄土状砂质粘土胶结，半固结状，厚40米。

T₃级阶地：高出河面50米，基座阶地，阶地面宽30—150米，长300米左右，自下而上剖面分10层。①浅灰色砾石层，成分主要为斜长花岗岩，黑云母花岗岩、闪长岩砾石，砾径0.5—2米，多为次圆状，分选性较差，风化程度弱，砾石面大致倾向转经楼沟上游，由褐黄色细砂、粘土及少量钙质胶结，半固结状，厚3米。②褐色砂砾石层，砾石占70%，砾石成分为变质的砂岩、板岩，砾径0.5—2厘米，次圆状，定向排列，倾向皮条河上游，由粗砂松散状胶结，厚0.3—0.5米。③褐色粗砂层，内夹厚1—3厘米的细砾石层，细砾砾径0.3—0.5厘米，砾石成分为砂岩、板岩，与粗砂组成水平韵律层，厚1米，与下伏②过渡变化。④砾石层，特征同①，厚2米。⑤褐色砂砾石层，同②，厚0.5米。⑥含砾粗砂层，同③，厚2米，与⑤过渡。⑦砾石层，同①，厚1.7米。⑧下部为褐色细砂砾层，向上过渡为粗砂砾层，特征同②和③，厚1.8米，具水平层理。⑨砾石层，同①，但砾径变小，一般为0.5—1米。⑩黄褐砂土，厚0.3—0.5米。

T₂级阶地：下部保留厚5米左右砂砾石层，上覆1964年转经楼沟暴发的泥石流堆积物，厚20米左右。

T₁级阶地：高出河面5米左右，砾石层厚3米左右，上部为0.5米左右的砂土层。阶地中部及后部被泥石流掩埋。

（三）重力堆积物

沿皮条河及支流的峡谷地段崩塌与倒石堆分布极为普遍，规模大小不等。一般在陡坡脚或陡崖下形成宽30—60米，厚3—5米的倒石堆（照片版21—6）。在高山上部由于强烈的寒冻风化，岩石大范围的产生崩塌与倒石堆，经过短距离移动后形成流石滩、石海地貌景观（照片版22—7）。

由于区内直到今天地震活动仍十分强烈，加上岩层倾角陡，节理、裂隙发育，河流的侵蚀作用十分强烈，造成皮条河沿岸分布了大量巨型基岩顺层滑坡和切层滑坡。巨大的滑坡作用造成大量重力褶曲与挠曲现象（照片版22—8）。如卧龙滑坡体宽1公里，长近1公里，滑体具三级平台，前缘到后壁相对高差达300米，具完好的圈椅形后壁（照片版22—9）。又如川北营滑坡体，长600米，宽2公里，相对高差达400米，表面具多级平台。三道桥基岩顺层滑坡尚见岩层连续（照片版22—10）。

区内坡残积层分布较普遍，一般由碎石土组成，厚0.3—0.5米。在剥蚀面上多分布有较厚的坡残积层，一般底部10—20厘米为残积碎石夹粘土层，上部为厚30—80厘米的黄棕壤化坡积层。表面为0.5—10厘米的腐植层。

四、新构造运动

第三纪末——第四纪初产生的喜山运动第四幕构造变动，是区内最为重要的一次新构造运动。它使区内老断裂复活，在区域上出现大量飞来峰构造，区内则产生大量倒转褶曲，全区结束相对稳定状态，开始强烈隆起，地形被流水切割分化，到晚更新世时期

的新构造运动, 则使全区最终抬升形成高山峡谷, 接近今日景观。归纳起来, 本区新构造运动表现为以下几方面。

(1) 各主断裂带继承性活动, 成为今日龙门山强震带的主要组成部分。

(2) 层状地貌的产生是第四纪以来新构造运动作用的结果。在河谷中形成5级阶地, 谷肩上出现4级剥蚀面, 高山之上保存多级古冰斗, 这都显示第四纪以来新构造运动以垂直抬升作用为主。后期各大水系河床有相对沉陷的过程, 以致在岷江与皮条河河床中都有厚数十米的堆积物。

(3) 区内至今泥石流、崩塌、倒石堆等仍十分发育, 是近期新构造运动比较活跃的一种表现形式。在映秀可见花岗岩体与T₃级阶地呈断层接触现象。

通过1981年工作, 我们发现区内广为分布的第四纪以来的大量洪积物, 即泥石流堆积是十分独特的地质现象。它们的分布高度从海拔700米直到3000米以上, 前人一直作为川西5次冰期活动的重要证据。我们虽做了一些工作, 提出了新的认识, 但从古生物, 绝对年龄测定方面所做工作尚不足, 这与古生物保存不好也有一定关系。总之进一步查明这些堆积物的时代、成因, 对正确分析川西地区第四纪古地理环境的演变, 进而科学地解释区内古稀动、植物能保存至今是有重要意义的。

其次, 从保护本区自然资源与生态环境平衡出发, 加强对各种地质灾害的防治, 比单纯强调不要砍伐森林有着更为重要的意义。

参 考 文 献

[1] 中国第四纪研究委员会、中国第四纪冰川研究工作中中心联络组编(1964): 《中国第四纪冰川遗迹研究文集》第14—84页, 科学出版社。

CHARACTERISTICS OF GEOLOGIC AND GEOMORPHOLOGIC BACKGROUND IN WOLONG REGION

Li Zhongwu Liu Shuzheng Chen Jiliang
(Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

Wolong region is situated in the east of Hengduan Mountains, being a geosynclinal area of the western China. In this region, the fold and rift are in the EN-WS trend. The metamorphic rock of Triassic period is predominated over all outcrops of strata from Pre-palaeozoic to Mesozoic. In Quaternary deposits, pluvial deposits are predominant, while the alluvium and gravitational deposits are presented as well.

Owing to the strong neotectonic movement, the highmountain and deep gorges resulted from the deep cutting of the rivers and the intense upheaval which have occurred in this region since Quaternary have weakened slope stability. The two-three-leveled pluvial fans and five-leveled terraces are

intermittently distributed along the river valley. The four-leveled planes of denudation exist above the terraces, and the small-scale glacial remnants of Quarternary exist on the upper part of the mountains.

In this region, the paleoglacial activities were weak since Quaternary. The only glacial activity perhaps occurred in the end of Epipleistocene. The lowest limit of glacial activity is about 3500m above sea level. This is the important geologic and geomorphologic factor that a lot of animal and plant fossils of Tertiary can be preserved in this region.

17. 稻城古冰帽的基本特征

姚檀栋 冯兆东 李吉均

(兰州大学地质地理系)

一、稻城古冰帽遗迹

稻城古冰帽是指曾经占据稻城以北夷平面的古冰体。1981年,我们在此作了一月的考察,根据冰帽遗迹恢复冰帽范围(如图17—1)后,可以看出,冰帽的二维分布呈不规则椭圆状,长轴走向NW—SE,最长处93公里,最宽处47公里。其分布范围在北纬 $29^{\circ}02'$ — $32^{\circ}53'$ 、东经 $99^{\circ}56'$ — $100^{\circ}30'$ 之间。冰帽面积3287平方公里,是青藏高原已知范围明确的最大古冰帽。

根据冰蚀与冰碛地形,在冰帽发育最盛期,它不但覆盖了整个夷平面,而且通过各泛冰口伸入边缘谷地,形成夷平面上与边缘谷地截然不同的冰川作用景观。这大概以海拔4200米为界。

(一) 夷平面上的古冰帽遗迹

其冰帽遗迹特点是冰碛地形极为匮乏,而冰蚀地形十分发育,冰蚀地形中又以磨蚀地形最为显著。最显著的磨蚀景观是岩盆、磨蚀岩丘和冰流槽谷。

(1) 岩盆

稻城古冰帽地区的冰蚀岩盆,星罗棋布,无论其规模还是其数量,在我国均是独一无二的。从规模看,面积2—3平方公里的冰蚀岩盆比比皆是,就数量而论,其冰蚀岩盆共计1145个,平均密度为0.3/平方公里。这些岩盆在高原上分布很不均匀,大约有四分之三分布在夷平面西南翼,且都分布在冰帽中心附近和冰流槽谷的源头。古冰帽边缘谷地的下游部分,虽曾有冰流下注,但几无冰蚀岩盆。冰蚀岩盆的组合形式也是大不相同的,有分散型岩盆(照片版23—1),串珠型岩盆(照片版23—2,24—3),也有向心型(照片版24—4)和雁行式岩盆群(照片版25—5、6)。

在夷平面上,不但岩盆分布数量具有成带性,其组合类型也具有成带性。雁行式岩盆群主要出现在西南部夷地措以东和以南,迈迈错以东和以南,辛开错东南一带。这类岩盆的特点是彼此大致平行的岩盆成片出现,呈边幕式排列,又如雁行,故称之为“雁行式”。雁行式岩盆的发育位置都是地形微倾,起伏不大的平缓地带。向心型岩盆主要发育在哲如错、兴伊错、冬错三处,这是地形明显低洼处。串珠状岩盆发育的最佳位置是冰流槽谷。分散型岩盆的发育是随机的,它可以出现在槽谷的源头,也可发育在较平缓处,个别甚至分布在地形隆起部位。

就成因而论,夷平面上的岩盆可分两类,一类是纯侵蚀型,一类是侵蚀堆积型。前者的特点是规模较小,其周围无任何冰碛物。在十万分之一地形图上没有这类岩盆的标

志，只有实地考察和借助航片判读才能发现。后者的特点是岩盆规模大，其周围有冰碛物分布。据考察所知，十万分之一地形图上标出的湖泊，大多为侵蚀堆积型，其下方有冰退终碛环绕。

值得注意的是岩盆的分布高度问题，根据实地考察和地图判读，岩盆发育的最佳位置是4560米，发育上限为4700米。4700米以下，虽然岩盆发育具有选择性，但发育在地形隆起部的岩盆为数也不少。4700米以上，几乎无岩盆发育。

（2）冰流槽谷

在夷平面上，冰流槽谷的形态及分布极有特色。其第一特点是短小宽浅，形态指数F值小于山谷冰川槽谷，一般为0.20。第二特点是有贯通型冰流槽谷发育，即位于同一分水岭两侧的冰流槽谷互相贯通。这是在巨厚冰流之下，冰川分冰岭位移与原分水岭不重合时，切穿分水岭所产生的一种特殊现象。在贯通型槽谷鞍部至今仍保存许多岩盆这一事实说明，在巨厚冰流之下，正是在这里发生过量下蚀。在海子山东侧热绒附近，贯通型槽谷最为典型。夷平面上槽谷发育的第三特点是它的成带性，规模巨大的典型冰岛型槽谷都发育在冰帽东北部，那里冰流显然特别集中，而相邻夷平面上冰流较薄。夷平面边沿还有一种形态特殊的槽谷，其特点是两头开口，而且槽谷源头处地形更低，这种现象是边沿区山岳冰川演化成冰帽后，由冰帽中心外流的溢出冰川翻越分水岭垭口之所致，是一种特殊的贯通型槽谷，以比色通附近最为典型。

（3）冰蚀岩丘

夷平面上的冰蚀岩丘主要是规模大小不同的羊背岩及与岩盆交替出现的基岩隆起等。这里大型羊背岩比比皆是，大者高100多米，长500多米，并且大小叠置，有些小到1米高，但都呈流线型（照片版26—7、8）。

整体而论，夷平面上的冰蚀地形组合特征是，西南部为冰蚀岩盆景观，东北部为大型冰岛型槽谷景观，在其边缘局部地带，没有冰川作用的明显标志，为无侵蚀区（图17—1）。

（二）边缘谷地的冰川遗迹

在稻城古冰帽冰盛期，南部边缘的断陷谷地曾有益出冰川沿冰溢道进入谷地，至今保留着十分清晰的冰蚀和冰碛地貌。

曾作为古冰帽冰溢道的槽谷不同于阿尔卑斯型槽谷，与高原面上的冰岛型槽谷也不相同。这些槽谷大多两端开口，冰川谷源头较小。在此部位，有许多悬谷呈树枝状切入，而且每一悬谷源头几乎均有冰蚀岩盆发育。因此其源头显得窄小破碎，与阿尔卑斯型槽谷源头浑圆宽大的情形迥然不同。许多冰川槽谷，在其颈部突然变宽加深，这种现象是因悬谷支冰流汇聚于此，冰量增加，下蚀力增大所致。再往下游，槽谷又有逐渐缩小的趋势，此与冰厚减薄，侵蚀减弱有关。边缘溢流槽谷有一显著特征是，冰阶的发育位置不是象阿尔卑斯型槽谷那样在槽谷中下游，而是相反，几乎都发育在槽谷源头的上游部分。这与槽谷在其颈部变宽加深、往出口处逐渐变窄所反映的冰下过程是一致的。

岩盆的发育是边缘溢流槽谷又一显著特征。与高原面上的冰蚀岩盆比较，边缘溢流槽谷内的岩盆规模一般比较小，但深度较大，这是由于这里坡度大，冰川速度快，冰流下注时所产生的磨蚀和拔蚀作用更为强烈之故。从剖面上看，岩盆分布呈台阶状。如央

英错下游冰川槽谷内，一连五个岩盆依次串珠状分布在不同的高度；特迪沟内，有三个位于不同高度的串珠状岩盆。如同冰阶的分布具有优势位置一样，岩盆也集中在槽谷源头，中下游很少分布。

在南部边缘谷地中，溢出冰川遗留的冰碛地形是引人注目的。在已经考察过的冰川谷内都有巨厚的冰碛物分布，特迪沟出口处和央英错下游的冰碛垄，规模最大，厚度以百米计。但是，在夷平面上，冰碛分布零散，而且厚度一般只有几米，最厚也只有数十米。

在古冰帽东北侧为一沉陷盆地，未见有冰碛物进入，但冰水堆积十分发育。以青元库（沟名）而论，谷地出口冰水阶地共有五级之多，明显地向盆地倾斜，最高一级相对高度达240米。

二、冰蚀地形与过程的关系

如上所述，无论是高原面上，还是冰帽边缘溢流谷地，冰蚀岩盆是一重要特征。岩盆的出现与否及组合形式，与冰川侵蚀能力密切相关，而冰川侵蚀能力正是冰下过程的直接体现。因此，为了利用现在的冰侵地形研究古冰帽的冰下过程，这里选择两个指标，冰蚀强度和定向强度。冰蚀强度这里以每100平方公里内岩盆的个数，即岩盆密度来近似表示，用岩盆数÷岩盆统计区面积×100%计算。冰帽条件下冰蚀强度与冰蚀岩盆的数目正比相关。岩盆定向强度以岩盆中串珠状岩盆的百分比表示，用串珠状岩盆数÷某区岩盆总数×100%计算。

其具体计算方法是，在十万分之一地形图上以每格50公里为单位面积，然后在航片上判得每格的岩盆数和串珠状岩盆数。计算出每格的侵蚀强度和定向强度，再绘成整个冰帽的侵蚀强度和定向强度等值线图，便得到冰帽的侵蚀状况和冰流状况（如图17—2）。

根据冰蚀图，稻城古冰帽大致可分为三个区：西南部强烈侵蚀区，东北部中度侵蚀区和无侵蚀区。在西南部强烈侵蚀区，可分出三个侵蚀极强的亚区，一个在庚地错一带，一个在迈迈错一带，一个在辛开错一带。在东北部中度侵蚀区，也有一个侵蚀较强的亚区。在定向强度图上可以看出，原在冰蚀强度图上侵蚀强度中等的区域，岩盆定向极好，侵蚀最强区域，岩盆定向稍差。西南部的三个侵蚀强度高值区和定向强度低值基本对应。

联系上面关于冰蚀地形的描述，就可以看出冰蚀地形组合与冰蚀强度及冰蚀类型间的关系。在东北部槽谷景观区，冰蚀强度中等，但岩盆的定向强度高，反映了这里的冰流类型为线性流。在西南部为冰蚀岩盆景观，冰蚀强度高，岩盆定向强度低，反映了这里的冰流类型主要为片流，以面状侵蚀为主。特别值得注意的是，西南部的三个强度高、定向强度低的地域，正是三个雁行式岩盆群分布区，这说明，雁行式岩盆群的出现，正是冰帽底部强烈冰蚀作用的结果。冰帽边缘部分地带，在航片上和地形图上无任何明显的冰蚀作用遗迹，但部分地区的野外观察表明，这些地区有散乱的冰碛物和漂砾，说明曾被冰体覆盖过。

不同冰蚀景观组合区的冰下主导过程也是不同的（如表17—1）。在线流区，有些



图17—2 稻城古冰帽岩盆密度、定向强度分布图

冰下过程十分活跃，有些并不活跃。在片流区，各种冰下过程都处于活跃状态。

根据冰蚀地形、侵蚀强度及冰下过程的讨论，我们可以为冰帽的底冰状况描绘一个大致的轮廓：在冰帽中心及外围邻近地带，底冰全处于压力融点状态，在比较平缓的地区，底冰呈片流状运动，以面状侵蚀为主。在起伏较大、地形破碎的地区，底部呈线流运动，以线状侵蚀为主。在边缘地带，地形隆起处因冰体减薄，局部地区可能为底部冷冰，冰体运动只能靠内部形变来实现。边缘谷地的底冰因冰体增厚而呈温冰，侵蚀类型也为线状侵蚀，但因已达冰帽最边缘，在这里底冰活动比较微弱，因此，岩盆、冰阶全都集中在靠近冰帽中心的上游源头。

表17—1 各侵蚀区的冰川作用主导过程表

分 区	过 程	运 动 状 态		磨 蚀	磨 蚀	节理剥离	节理剥离	岩屑拖曳	岩屑拖曳	融 水
		形 式	速 度	底部融化	岩丘导致	冻 融	膨 胀	冰压力	复 冰	
片 流 区		滑动为主	快	活 跃	活 跃	活 跃	活 跃	活 跃	活 跃	活 跃
线 流 区		滑动为主	快	活 跃	中 等	活 跃	中 等	中 等	活 跃	活 跃

从冰蚀地形看，冰下侵蚀强度最高区并不在冰帽中心，而是在冰帽中心的外围。冰下侵蚀强度从此带开始，分别向边缘、向中心减小，所不同的是向中心方向，冰蚀强度的减小梯度低于边缘方向。冰帽中心区侵蚀强度低于外围区，主要是冰体运动速度小所导致的。假设冰帽中心和外围地区底冰的其它条件都相同，但冰盖中心冰的年运动速度只有30米，而外围地区为150米，那么，冰帽中心外围区的侵蚀强度就是中心的数倍。此外，中心区冰流呈辐射状外溢，冰蚀强度下降。

三、古冰帽的发育特征

第四纪冰期中，稻城古冰帽的发育主要受制于全球性的气温下降。从地形上看，夷平面的诸高峰基本上位于古冰帽中心附近，在这些高峰上不但发育有典型的刃脊、角峰，而且有典型冰斗。毫无疑问，冰川作用的触发点就是这些高峰。全球性降温，使冰川作用水准面下降，此时，首先在夷平面上的高峰发生冰川作用，形成冰斗冰川、山谷冰川；而且夷平面上积雪时间延长，降雪量增大。由于高峰的冰川作用和夷平面上长时间的积雪增大了地表反射率，气候更加严酷。当气温进一步下降时，高峰上的冰川向下延伸到达夷平面成为宽尾冰川，夷平面上以高峰和山脊为中心，发育若干高原型山麓冰川。这就进一步增大了地表反射率，加速了冰川作用水准面与夷平面接触的进程。一旦夷平面上诸山麓冰川联合起来时，统一的冰帽系统就形成了。这时的冰帽力求达到本身的平衡剖面。根据J、F、Nye计算冰帽平衡剖面时的厚度 $H = 4.76\sqrt{R}$ （R—冰盖边缘到中心的距离），则稻城古冰帽中心厚度可达500—600米。这时冰帽有着比冰床大得多的坡度，于是又从各个泛冰口溢出，伸入夷平面之外的低地中，在这些低于冰川水准面的地方也发生冰川作用。因此，可以说，稻城古冰帽的建立是冰川“正反馈作用链”循环作用的产物（如图17—3）。

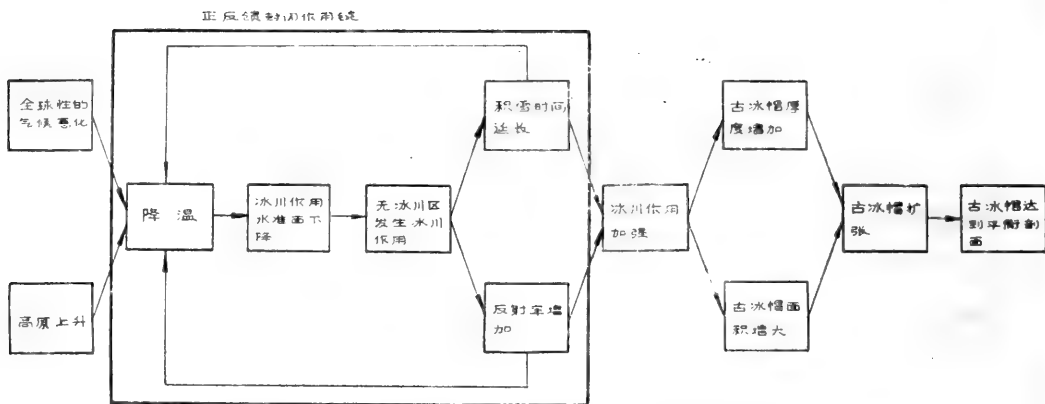


图17—3 稻城古冰帽发育中的正反馈作用链机制

在冰川“正反馈作用链”的循环过程中，降温是重要机制。降温不但决定着补给冰帽的冰雪物质，而且提供了冰雪长期储存的环境。所以，在此循环过程中，初始的气候恶化是触发这一作用链的触发器。考尔德 (Calder) 称这种触发机制为“雪袭” (Snow blitz) (1)。兰姆 (Lamb) 等人也曾指出，在一系列多雪的冬天之后，高海拔地区接近冰川作用界限，因而产生正反馈作用 (2)。这一机制的本质就是反射率增加，吸收的太阳辐射减少，从而使得更大范围内的温度降低。可见，气温下降，广大的积雪场所大大加强了冰川正反馈作用，使之气候环境更有利于冰帽的发育。

冰帽的解体是其发育过程中的一个重要阶段。夷平面，特别是高峰上一些冰川遗迹的分布，给我们解释其解体过程以重要启示。高峰上现存的刃脊、角峰不是冰帽底部的产物，因为冰帽底部的作用过程限制了这些地形的发育。从冰帽的面积与厚度的关系来看，冰帽发育最盛期，这些地形是不会出露于冰面的。因此，它们形成的最大可能是在冰帽解体的后期。冰川学迄今尚未证实在冰帽底部能够发育冰斗，所以冰斗的出现也只能看作冰帽解体阶段的产物。由此可以认为，冰帽的消失点是以其初始点为归宿的。因此，冰帽的解体是其建立的逆过程：间冰期来临，冰帽开始解体，各边缘谷地溢出冰川首先消失。然后，夷平面上大规模的冰体解体过程开始。从夷平面上冰碛物稀少而且散乱来看，这一过程是比较快速的。冰帽解体的最后阶段，只是在夷平面的高峰上才有山地冰川作用残存，因此，冰斗、角峰、刃脊等冰蚀地形得以发育，直到这些高峰的冰川作用最后消失。

参 考 文 献

- [1] Calder, N, 1974, The weath machine and the threat of ice. BBC, London.
- [2] Lamb, H. H, 1972, Climate: Present, Past and future I, Fundamentals and Climate now, Methuen, London.

THE BASIC FEATURES OF DAO-CHENG ANCIENT ICE CAP

Yao Tan-dong Feng Zhao-dong Li Ji-jun

(Geology and Geography Department, Lan Zhou University)

Dao-cheng ancient ice cap was once located at the plateau lying north to Dao-cheng with an area of 3287 km². According to landforms, different kinds of glacial erosion landscape can be distinguished.....the landscape with dominant rock basin and knob (or knock and lochan) in southwestern part, the landscape with dominant glacial troughs in northeastern part, and the landscape with no obvious sign of glacial erosion in certain periphery zone.

Difference of glacial erosion landscape results from different forms of erosion of basal ice. In the zone of rock basin and knob landscape basal ice is in the form of areal flow, resulting in areal scouring. In this zone, the basal ice is active but the orientation intensity is relatively low. In the zone of glacial trough landscape the basal ice is in the form of linear flow. Although erosion intensity in this zone is lower than that of the areal flow zone, the orientation intensity is high. Based on the analysis of glacial erosion intensity, the area with the highest glacial erosion intensity appears near the centre of the ancient ice cap which decrease both towards the centre and the periphery with a higher gradient of decrease in the latter direction.

Dao-cheng ancient ice cap develops under the influence of cycling positive feedback chain triggered by deterioration of climate. The nature of positive feedback chain is the increase of albedo and the decrease of absorption of solar radiation. The development of Dao-cheng ancient ice cap begins from Alpin glaciation and ends up also in Alpin glaciation. The remaining Cirques, Aretes and horns are evidences of Alpin glaciation at the late stage of the ancient ice cap degradation.

18. 贡嘎山冰川考察

李吉均 宋明琨 秦大河 周尚哲 冯兆东 姚檀栋

(兰州大学地质地理系)

王彦龙 李树德 邵文章 姚河清

(兰州冰川冻土研究所)

一、贡嘎山冰川的分布

横断山的最高峰贡嘎山海拔7556米,是横断山脉冰川最集中的地方。本世纪初以来,洛策、安得生、海姆、李承三等人相继对贡嘎山周围的地质、地貌、冰川和古冰川遗迹等作过调查。特别是三十年代A·海姆对冰川的考察和E·英霍夫所测绘的1/20万地形图,对贡嘎山冰川的研究作了重要贡献。在解放以前,贡嘎山是我国现代冰川研究比较详细的唯一地区。古冰川方面安得生所划分的高原冰期(即Yachala冰期)和海姆所确定的磨西面冰期(相当于大理冰期),在我国地质学界也有很大影响〔1〕。H·Von费斯孟(1937)在撰文支持李四光关于中国东部第四纪冰川的观点时,曾经从贡嘎山到庐山作了一个有名的剖面图,说明雪线、林线、作物种植上限以及亚热带植物分布上限均有向东逐渐降低的趋势,从而把中国东西两部现代和古代冰川的发育条件联系起来,为华东低山的古冰川遗迹探求作理论上的说明〔2〕。由此可见,贡嘎山现代冰川和古冰川的研究在我国学术界从来占据着一个很重要的地位。

三十年代A·海姆和E·英霍夫编绘的贡嘎山地形图对冰川作了重点标绘,至今仍是研究冰川变化的重要资料。但在精度上受当时条件限制是有重要缺陷的,如南门关沟一条长达10公里的冰川就遗漏了,山峰高程也欠准确。解放后中国登山队成立,首次就以贡嘎山为对象进行了登山活动,崔之久对现代冰川和冰缘现象作了详细观察〔3〕。登山队还在贡巴冰川末端作了标记。近年成都地理所对贡嘎山周围地区广泛开展了研究,并设置若干气象观测哨收集到不少宝贵资料。这些都为我们的考察积累了材料,成为进一步工作的基础。

根据地形图并结合航片判读,我们统计到贡嘎山地区共有现代冰川71条,其中东坡26条,西坡30条,外围木杠岭和野人沟上源15条。贡嘎山附近有超过6,000米的高峰28座,以冰川作用水准面为代表的气候雪线在主山脊附近为5200米,因此冰川作用正差大,从而有许多冰川沿山脊东西下流,形成一个羽状分布的冰川群。主山脊两侧共有冰川面积274.2平方公里,加上外围冰川共计297.5平方公里。

贡嘎山主山脊线东西坡冰川有明显差异。东坡冰川条数略少于西坡,但面积却占60%,东坡冰川平均每条面积6.33平方公里,西坡每条平均只为3.7平方公里;东坡冰

川末端平均高度为4400米，西坡为4630米。冰川上的雪线东西坡也有显著差别，东坡一般为4700—5000米，西坡5000—5200米，平均差300米左右。在该区五条10公里以上的山谷冰川中，东坡占四条，西坡只有一条。因此，不管从哪一项指标来看，贡嘎山东坡冰川均比西坡更为发育。这明显地反映了水汽东来的影响。

顺便指出，自A·海姆对贡嘎山冰川进行考察以来，他所提出的该山雪线5200—5500米的说法在文献中广为流传，这是不符合实际的。原因在于测高误差，还有是他只在西坡攀登到高处，东坡难于攀登，据1981年我们六月下旬观测，海螺沟冰川雪线当在4800米左右。

二、冰川发育的条件和性质

贡嘎山东临大渡河谷，基带为亚热带常绿阔叶林。谷地底部受焚风影响呈干旱灌丛（仙人掌）景观，泸定多年平均降水只606毫米，年均温 15.3°C 。但从河谷底部向上，湿度迅速增加，在海拔1,600米的磨西，1978—1980年平均年降水量为1080毫米*，虽然海拔仅比泸定高300米，降水却增加了62%。关于贡嘎山山地降水特别是冰川区降水目前缺乏可靠资料。我们在考察期间在6月中旬到7月上旬进行了降水测量，在海螺沟冰川冰舌3,600米的地方二十天内降水222.9毫米；西藏东南部的阿扎冰川，1973年7月—8月二十二天降水196.1毫米。可见雨季降水阿扎冰川和海螺沟冰川处于同样水平，不同的地方可能是在冬春季。西藏东南部的察隅一带冬春有较大降水、甚至略微超过雨季，故冬春多雪。磨西降水记录则说明冬春降水只占全年15—20%，特别是冬季比较干燥。从冰川发育角度看，贡嘎山可能不及察隅阿扎冰川一带。后者距孟加拉湾近，冬春降水（雪）多是一大优点。

关于贡嘎山冰川发育的温度条件目前资料更欠缺。根据青藏高原东南边沿湿润地区山地气温垂直递减率一般为 $0.54^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ，以磨西站资料推算， 0°C 等温线约在4,000米高度，这也是该区山地暗针叶林的上限。以贡嘎山东坡雪线4700—5000米计算，则雪线处年平均气温应为 -3.8°C 至 -5.4°C 。根据西藏科学考察的资料，这是海洋性冰川发育的温度范围。

贡嘎山冰川区降水，虽然因冬季和春季少雪而显得不利，但雪的再分配在冰川发育中有重大作用。这样就提高了冰川的积累系数，提高了冰川的海洋性〔4〕。贡嘎山冰川区的雪崩十分频繁，1981年6月15—21日，我们在海螺沟冰川观察，单只白天就记录到大小雪崩120多次。雪崩发生时间多在早上7点和中午气温最高的13点，这是和夏季雪崩主要为融水润滑作用引起湿雪崩的一般规律相符合的。根据航空照片我们统计到贡嘎山，形态明显的经常发生雪崩的雪崩槽有650多个。主峰贡嘎山象一座巨大的金字塔，座落在由六千米左右的诸山脊构成的峰顶线上，峰顶高7556米，峰体水平投影面积7.8平方公里，各个坡面上平均坡度 45° ，是雪崩的主要发源地。海螺沟冰川、贡巴冰川和燕子沟冰川的粒雪盆均位于主峰之下，接受来自山顶的频繁雪崩的补给。初步统计以上三大冰

*资料来源，成都地理所，磨西观测哨记录

川共有雪崩槽300多条，占贡嘎山区雪崩槽的近半数，故雪崩是贡嘎山冰川的重要补给来源。雪崩使粒雪盆集中了超过天然固态降水的大量积雪，促使地形雪线下降，冰川发育条件变得更为有利，因而冰舌能伸到很低的地方。海螺沟冰川末端2880米，达到针阔混交林的上限，年平均温度约 6°C 。在4800米以上的粒雪区内，根据1966年12月拍摄的航片判读共有102个雪崩锥，几乎覆盖粒雪盆50%的面积。雪崩在高山带是冰川的重要来源，在雪线以下冰川周围则是塑造冰缘地貌，向冰舌提供大量岩屑和冰碛的重要营力。它们的源头大多是在冰川退缩后空出的冰斗或雪蚀洼地之中，是大型雪崩的形成区（如图18—1）。

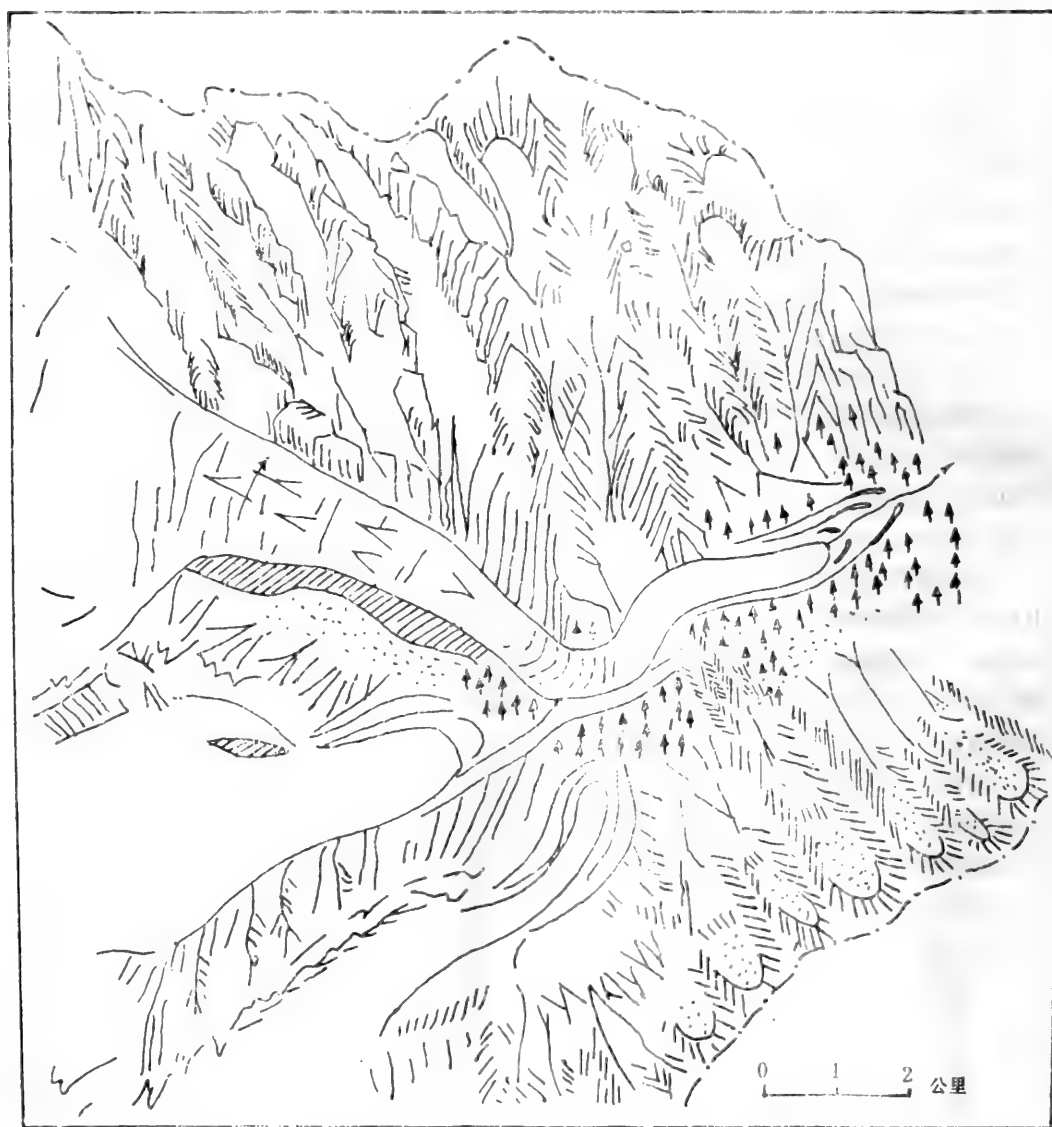


图18—1 海螺沟冰川的雪蚀冰斗和雪崩槽

在1981年夏季野外考察中，我们重点考察了东坡的海螺沟冰川（见照片版27—1），同时对燕子沟冰川作了调查。为了探明冰川的性质对冰川冰温度进行了测量。分别在冰舌2900米和3600米用蒸气钻打了两个钻孔。2900米处的钻孔达到13.6米深度，3600米处的钻孔达到8米深度。钻孔打成后即埋入铜电阻探头，分别在6天和3天后进行测温。但结果并不理想，因为虽然钻孔内温度读数多在0℃以下（-0.2℃—-0.7℃）。但两个孔在测温时均为融水充满，可知冰和水的温度皆为0℃。显然这种比较粗的测温系统不适宜于量测海洋性冰川的冰温。不过，我们发现，测温时电阻探头有少量的冰花冻结，可见冰体内仍有一定冷贮。这种冷贮可能来自冬季冷波下传的剩余部分，但更可能来自冰的压力变化。因为冰的压力融点随压力增大而下降（0.00726℃/10米冰），当钻孔打成时，底部冰从受压态解脱出来，该深度的压融点即转化为冷贮，并建立起周围较低温冰与孔壁间的温度梯度，就会有少量的水在孔壁或电阻探头上冻结起来。这些现象1973年在阿扎冰川打测温钻孔时也同样出现过，可知是海洋性冰川的共同现象，并不是冰川冰是负温冰或冷冰之所致。

作为海洋性冰川的海螺沟冰川消融很强烈。在3600米的冰面上我们对冰面消融进行了观测，时间是6月21日—7月1日。该处冰舌宽度约600米，四根花杆横过冰面，基本上可代表整个冰面的消融状况（见表18—1）。从中可见冰川中央消融最强，比边沿

表18—1 海螺沟冰川3600米冰面（裸露）消融

花 杆	6 月 21 日 读 数 (cm)	7 月 1 日 读 数 (cm)	消 融 深 (cm)	日平均消融(cm)
1	32.5	90	57.5	5.8
2	51	123	72	7.2
3	62	210	148	15
4	30	71	41	4
平 均			79.6	8

平均值大3倍左右，达到每日消融15cm的强度。主要原因是冰川中央是冰川风的主流线，强风促进消融之故。观测期间每日阴雨，很少日照，十天累计日照时间为9小时，但平均气温达8.6℃，故消融仍然很强。乱流交换热显然是冰面消融的重要热量来源，根据消融与气温呈直线相关的关系，不少人曾研究过零度以上正温，即每日·度与消融强度的关系。在费钦科冰川为7.6—8.0mm/度·日，高加索冰川为8.7mm/度·日，挪威北部冰川为6.32mm/度·日(资料为两年)。海螺沟冰川按上述资料计算消融强度为9.3mm/度·日。看来纬度是重要的影响因素。根据这种计算，海螺沟冰川冰舌区年平均消融深将在10—15米左右，属于强消融冰川，部分地表示冰川物质平衡水平高的特点。

补给丰富和消融强烈的海洋性冰川有较高的运动速度，海螺沟冰川也不例外。特别是海螺沟冰川冰面很陡，冰舌上平均坡度为7°—10°，对冰川运动也起着促进作用。我们用简易的支距法求得3600米处冰面运动速度每日平均为65—80厘米。大雨之后运动速度显著增快，说明冰床上水膜的润滑作用是影响冰川运动速度的重要因素。

根据 J·F·Nye 完全塑性流理论计算冰川厚度的公式 $h = h_0 \cdot \text{Cosec} \alpha$ ($h_0 = \frac{\tau}{\rho g} =$

11.3m)[5]。海螺沟冰川冰舌在冰瀑布以下应为90—110米。这指的是冰川的平均厚度，主流线和边沿应有很大差别。根据对巴基斯坦喀喇昆仑山古尔金冰川雷达测深的结果，剖面平均厚度与奈伊公式算出的厚度只相差5%，但主流线上厚度可高于平均厚度的50—100%。

作为一条积极运动的温冰川—海螺沟冰川底部滑动是很显著的。积极的底部滑动引起冰川底部频繁的融冻作用交替，形成巨厚的以复冰为主的底层冰。据R·维维安(1973)对蒙勃朗峰下的阿香庭冰川的研究，当冰川沿底部滑动遇到障碍物时，迎冰面和背冰面压力高低不同，从而导致融冻交替的覆冰作用，在背冰面的空穴的顶壁(冰川底面)上产生覆冰并将各种岩屑包裹进去。这样形成的覆冰层有明显的细层理，其化学性质与物理性质均与粒雪盆起源的冰川冰不同。在阿香庭冰川以覆冰为主的底冰层可厚达2米。据维维安推测在阿尔卑斯山某些冰川可以达到5—10米的厚度。某些地球物理测深发现冰川底部有两个折射界面可能与底冰层的存在有关〔6〕。我们注意到海螺沟冰川的底冰层很发育，在主冰川底部有，在支冰川底部也有，说明作为暖冰川底部滑动是很普遍的。在大冰瀑脚下主冰川左侧，由于冰川的侧向滑动断续出现十分污化的底冰层，厚度2—4米不等。在野外判断底冰层并不困难，一是它的构造与上覆冰川冰截然不同，成层性很好，上覆冰川冰常以不整合面与之分开；二是底冰层污化很强，一层冰与一层砂反复交替出现，有时还有水囊在其中充填冻结，俘获的岩屑有时达到20—30厘米直径的巨砾。这显然不是一般的压融覆冰作用所能完成，故冰川底部的蚀积过程尚须作更深入的研究。关于底层冰的形态特征可以看照片版27—2、3、4。

三、冰瀑布和冰川弧拱

海螺沟冰川在纵剖面上分为三个阶梯。第一阶梯为4800米以上的粒雪盆和后壁的诸雪崩槽和雪崩锥；第二阶梯为4800—3720米的大冰瀑布，是我国已知最高的冰瀑布，落差1080米；第三阶梯为穿行在莽莽林海中的冰舌(图18—2、照片版28—5)。海螺沟冰川的粒雪盆发育得比较成熟，主要分布在5000—5200米的高程上。主体部分作南北向延伸，坡度仅4°—5°，位于贡嘎山主峰的东侧坡麓。海螺沟冰川粒雪盆的东北侧以一低矮的崖壁与磨子沟冰川的粒雪盆相邻，二者相差500米左右。磨子沟冰川粒雪盆是贡嘎山冰川粒雪盆中最高的一个，某些方面近于平顶冰川的程度。这两个高位粒雪盆是冰期以来贡嘎山中心作为新构造运动特强的“上升岛”的有力证据，和珠穆朗玛峰中心上升使粒雪盆抬高到现代雪线以上属同一性质。

贡嘎山主峰作为最新的“上升岛”一方面把粒雪盆抬升到雪线以上，另一方面在粒雪盆和冰舌之间形成巨大的冰瀑布，它使冰川从高位粒雪盆倾泻而下，在冰瀑布脚下形成美妙的冰川弧拱(照片版28—5)。海螺沟大冰瀑是贡嘎山诸冰瀑布中规模最宏伟的一个，冰瀑上坡度为22°—42°，计算厚度为17—30米。冰川于此处于崩溃的状态，是一种超级伸张流，频繁发生雪崩和冰崩，从而使该冰瀑布段成为冰川冰的粉碎机，冰瀑脚

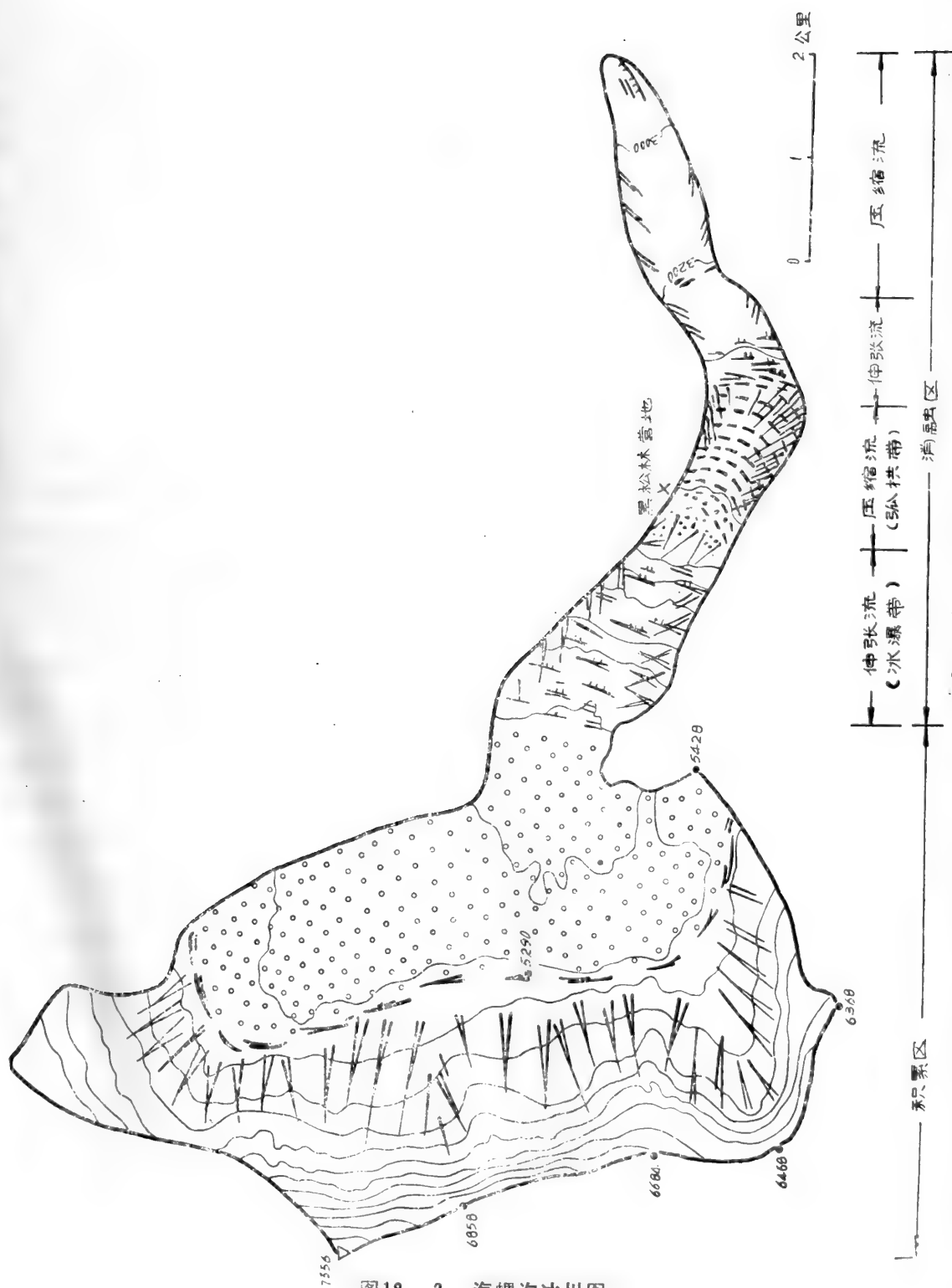


图 18—2 海螺沟冰川图

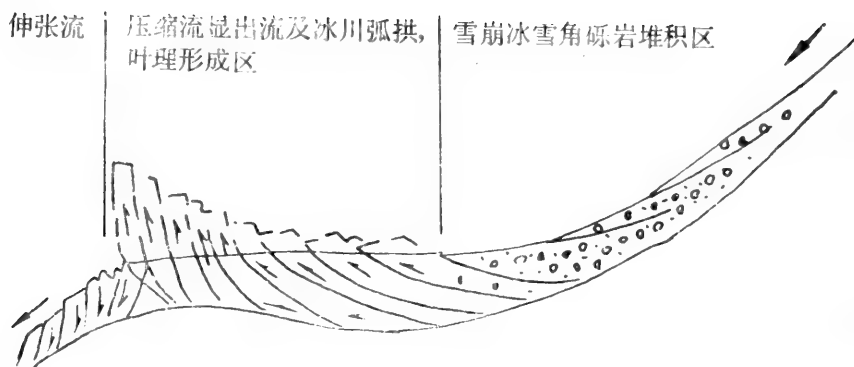


图18—3 冰瀑下冰川构造的形成过程示意图

下则成为新的冰川构造的铸造场。我们注意到从粒雪盆中流出的粒雪、沉积变质冰、动力变质冰以及粒雪盆底部被冰川挖掘形成的冰碛都被粉碎混合，在冰瀑脚下形成冰雪扇形地，结构上颇似山麓砾岩，故命名为冰雪角砾岩，为棱角状的大小不等的冰块和粒雪混杂堆积而成。这种冰雪角砾岩组成的扇形地每年重复堆积并逐渐向下游运动，彼此间则界以夏季消融污化面（带，往往厚1—2米）。在最初的1—2年中冰雪角砾岩中不见叶理构造，属真正的沉积岩。但至少在三年后即出现明显的叶理构造，沉积冰变为动力变质冰。与此同时各年的黑白冰带呈弧形弯曲，造成美丽的冰川弧拱。黑白冰带和叶理分布是一致的，显示为同一应力场的产物。愈向下叶理倾角愈高并近于直立，显然是很强的上升式显出流（图18—3）。正是这种显出流弥补了每年冰面的强烈消融。

大冰瀑布把粒雪盆的一切秘密都暴露无遗。我们在冰瀑脚下见到一块 $80 \times 46 \times 30$ 厘米的典型龟背条痕石，背面作完整的流线型，底面粗糙不平（照片版28—6）。这种龟背条痕石是在冰床上长期受阻，冰川从它的顶面流过塑造成的，与羊背石形成机制类似。它能被带到冰面说明两个事实，一是大冰瀑确实是彻底破坏了冰川的完整性，二是粒雪盆中的冰即已有显著的底部滑动。另外，我们发现在冰雪角砾岩中除了作为“胶结物”的粒雪外，构造角砾块的冰有两种。一种是冰晶粒径1—2 mm的原生暖渗浸重结晶冰；另外一种冰晶作典型镶嵌状粒径达2—3厘米的动力变质冰。判别动力变质冰很容易，一是有明显叶理（兰冰条带），二是冰晶内气泡扁平，显示受到过强大压力作用（照片版28—7、8）。气泡扁平表示冰晶沿晶内基面滑动压缩，在阳光下产生显露基面的弗列尔条纹。从上述情况可以推知，粒雪盆中表面是巨厚的粒雪，不得少于30米；其下是原生沉积变质冰，在海螺沟即为暖渗浸重结晶冰；最下部是动力变质冰，冰川冰受到有力的塑性形变。从海螺沟冰川粒雪盆坡度为 4° — 5° 来推测，积极流动的冰和粒雪总厚度应在130—160米左右。

海螺沟冰川的弧拱符合于C·A·M·King(1961)和J·E·费希尔(1962)对冰川弧拱的分析[7]，属于能指示年代的弧拱类型，即弗尔伯斯型弧拱（以十九世纪第一个记述冰海冰川该类型冰川弧拱的冰川学家弗尔伯斯命名）。白黑二冰带代表一年，黑冰带是夏季

消融期产物。海螺沟冰川从冰瀑布脚下到冰川再度转弯达另一小冰瀑（伸张流）上方为止，有十四对弗尔伯斯型弧拱，总距离两公里左右，平均每年冰川运动速度为140米。由于该段冰舌宽度为500—600米，冰川流速超过了剖面宽度的1/6。据R·芬斯特瓦尔德研究，这属于块状运动即有明显底部滑动的冰川。这和前述冰川底部出现大量很典型的复冰为主的底冰层的现象是相吻合的。

为了进一步说明和检验大冰瀑布下冰川弧拱的起源，我们对冰瀑布以下的一对弧拱作了采样进行孢粉分析。采样剖面如图18—4所示，孢粉分析结果见表18—2。从表中可见，1979年的白冰带下部6—9四个样中花粉甚少，从5号样起花粉量猛增，一直维持到2号样。这和粒雪年层中花粉的分布规律基本是一致的，即下部代表冬季相少花粉，年层上部春夏相花粉很多。作为消融面的污化带我们没有采样，它代表夏末的冰川

表18—2 海螺沟冰川3600米冰川弧拱冰样孢粉分析结果*

含 量 (粒) 孢 粉 名 称		样 品 号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
柏科	Cupressaceae		1								
松	Pinus		5	2		13	3	2	2	2	5
冷杉	Abies		1	1		1					
铁杉	Tsuga		2			1					
油杉	Keteleeria				2						
桦	Betula		1			2					
桤木	Alnus					1					
榛	Corylus					1					
枫杨	Pterocarya					1					
栎	Quercus			1		1					1
栲	Castanopsis				1						
榆	Ulmus					1					
杜鹃	Rhododendron		2								
桑	Morus										1
百合科	Liliaceae				1						
藜科	Chenopodiaceae						1				
禾本科	Gramineae					1					
蓼	Polypodium		1			1					
不能鉴定			1	4	1	1					

* 孢粉分析为南京地质古生物研究所唐领余同志所作，特此致谢

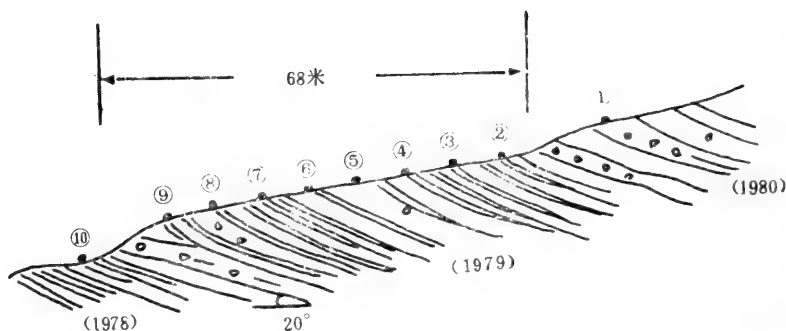


图18—4 海螺沟3600米冰样剖面

表面，花粉应是最丰富的。属于1980年的底层的1号样，因采样瓶漏水而未获资料。但按类比推测应和1979年的9号样一样属于少花粉的冬季相。10号样花粉比9号样增多，因为它处于1978年夏天堆积的顶部，和2号样处于同样位置。这里冰雪角砾岩的季相主要是根据花粉的数量而不是每种花粉代表的植物的开花季节来确定的，原因是山地的垂直对流气流常把低处的花粉带到高处，故产生孢粉的混合现象。松属花粉在全年各个季节均有出现，它的产物高飞扬远，可能落地后又被吹起，故在冬季相中也能找到松属花粉。在西藏冰川考察中我们曾发现松属花粉在冬季粒雪层中偶尔出现的现象〔8〕。由此可见，粒雪盆的冰雪在经过冰瀑向下倾泻时冬季相含花粉最少，春夏相含花粉最多。故弧拱确实是每年形成一对，是一种次生构造，属于典型的弗尔伯斯型弧拱。

四、古冰川遗迹和冰川变化

关于贡嘎山古冰川遗迹安特生和海姆都进行过讨论。安特生认为在道孚、泸定、贡嘎山之间曾有过大冰盖，叫雅拉冰期，冰流可以抵达1500米的高度。以后冰川消退变为山谷冰川。海姆认为贡嘎山现代冰川与末次冰期冰川相比只相差2—3公里，末端高程只相差200—500米〔9〕。根据我们的观察，这些说法都是不可靠的。首先，安特生的高原冰盖是不存在的，最大也只是形成冰帽而已（关于稻城古冰帽，有另文讨论）。海姆所谓的末次冰期的古冰碛只向下延伸2—3公里，据我们研究乃是新冰期的冰碛。在冰舌末端南侧高80—90米的侧碛近顶部约5米深处，采到的朽木 C^{14} 测年为 940 ± 50 年前。在大岩窝距现代冰川末端约3公里的地方冰碛中朽木 C^{14} 测年为 1580 ± 60 年前。这两次冰进的年代正好相当于竺可桢提出的五千年中国气候变化的第二和第三次冷期。海螺沟大岩窝冰进与西藏若果冰川1500—1900年前的冰进相当， 940 ± 50 年冰进则属首次发现，可以叫做海螺沟冰进。这样，在青藏高原已发现全新世新冰期的四次冰进，绝对年代完全与竺可桢关于五千年以来中国气候变化的四次冷期相一致（如表18—3）。

关于贡嘎山的古冰川遗迹我们观测不多，根据现有资料谈谈粗浅的看法。在海螺沟

表18—3 五千年来中国气候变化与青藏高原冰川进退

气候 变化 (据竺可桢)	冰 川 进 退
公元前3000—1100年〔暖〕	羊卓雍湖高水位高温期(3160yr.BP)
公元前1000—850年〔冷〕	雪当冰进(2980±150yr.BP)
公元前770—公元初〔暖〕	
公元初—600年〔冷〕	若果冰进(1500—1900yr.BP)
公元600—1000年〔暖〕	
公元1000—1200年〔冷〕	海螺沟冰进(940±50yr.BP)
	(以上C ¹⁴ 测年)
公元1200—1300年〔暖〕	泡汗里峰冰川1818A.D.年冰进
公元1400—1900年〔冷〕	坡戈冰川1809A.D.年冰进
	取比下马冰川1885A.D.年冰进
	窝果杜林冰川1871A.D.年冰进
	(以上地衣测年)

沟口以内约五公里范围内有发育良好的冰水阶地保存，相对高度60—70米，向外延伸与磨西面处于同一高度。磨西面是典型的谷地冰水平原(Valley train)，构成磨西面主体的冰水物质主要是来自燕子沟，其底部据崔之久观察有埋藏的古冰碛〔3〕。成都地理所的同志在底部冰水物质中找到C¹⁴测年为7420±90年前的证据，在近燕子沟口于地面以下4—5米处又得到1400年前的数据。显然，磨西面乃是末次冰期晚期冰川后退过程中堆积成的。在海螺沟口以上五公里左右以上这级冰水阶地消失，槽谷中出现低矮的冰碛垄。向上至青石板和热水沟附近冰碛垄增高，顶面上还保存着冰碛洼地和小湖泊，是末次冰期冰碛的特征。成都地理所的同志在青石板找到冰碛中C¹⁴测年为24390±750年前的数据。我们在热水沟以下不远见到冰碛上有泉华覆盖，经C¹⁴测年为19700±300年前。因此，可以把海螺沟末次冰期的主要冰进放在距今24390—19700年间。这是全球性末次冰期冰川最盛的时期，中国东海黄海的海面大幅度下降〔10〕。根据冰水阶地的分布，末次冰期冰川末端至少伸延到共和四队以上海拔1850米的地方，比现代冰川末端低1,000米，冰舌延长8.5公里。根据贡嘎山东坡4,000—4,200米有保存较好的古冰斗，并以AAR值法检验，末次冰期海螺沟冰川雪线应在4000米左右。关于古今冰川对比可见图18—5。

另外，在磨西面主谷的西北侧山坡见有堆积性平台、摩岗岭上（1900米，高于大渡河水面约700米）有古冰碛残留*，以及崔之久曾报导磨西面底部有古冰碛，可以认为磨西面主谷曾被冰川占据，当时冰川规模比末次冰期要大得多，雪线应当更低。至于更早

* 据范文纪，1981

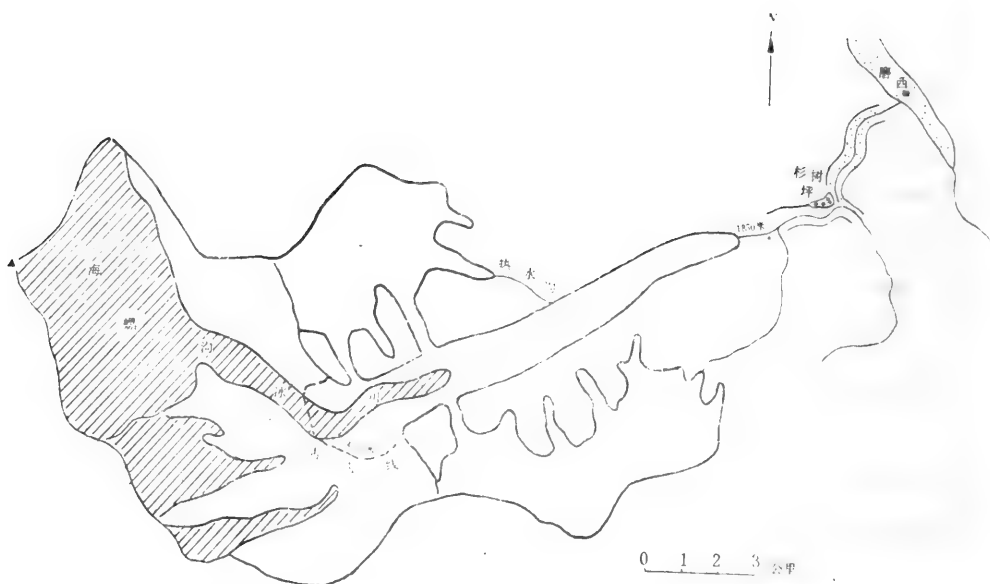


图18—5 海螺沟现代冰川和末次冰期古冰川范围对比图

的冰期遗迹，如果真的存在，必须到更高的谷肩和侵蚀台地上去寻找。大渡河及其支流在第四纪期间的下切很强，遗留下很多侵蚀台地。根据我们的初步观察，除了4000米以上的古地面属于跨流域性质的夷平面的残余外，其它都是古宽谷面和台地，与现代水系保持着联系。在东起邛崃山西到大雪山的大渡河两岸，这些台面的大致海拔高程是：3500米高台面（部分地方成山顶）、3,000米台面、2300米宽谷面、1900米台面。自此以下才是形态保持比较完整的阶地，在支谷出口一般有4—5级，应当主要是晚更新世以来的产物（见图18—6）。安得生（1937）曾在大渡河东岸的化林坪（2100米）见到过带擦痕的砾石、洛策和安得生都报导过在泸定县见到冰碛。按化林坪背后最高的弥勒山不过3792米，如果有古冰川遗迹倒是很重要的。

贡嘎山现代冰川处于强烈退缩状态。海螺沟冰川自海姆于三十年代初考察以来已后退800—1000米，冰面大量下降，冰舌中央因冰下河道冲刷而塌陷，造成两侧高中央低的异常现象（见照片1）。冰下河道出水口过去叫城门洞，表示冰崖之下为穹形的巨洞，是前进型冰舌特征。目前城门洞后退近一公里，而且崩塌不见洞形。燕子沟冰川据E·英霍夫的地图与现在地图（1966年航测）对比已后退三公里多；对比航空照片与现状1966—1980年又后退了700米。燕子沟冰川后退强烈是十分惊人的，是我国已知的最高纪录。主要原因是该冰川主要粒雪盆位置低，易受雪线上升的影响。

五、结 论

贡嘎山为我国亚热带山地，是接近人烟稠密地区的最大的一个冰川群，雪线高度为4700—5200米，冰川性质为海洋性冰川，频繁的雪崩是冰川的重要补给者，冰川发育的水

热条件和西藏察隅的阿扎冰川相近。贡嘎山为一个最新的“上升岛”，四周有大断裂通过，山体中央部分是新近被推到现在的高度的，出现许多高位粒雪盆。从高位粒雪盆到冰舌一般均为巨大的冰瀑，海螺沟大冰瀑高1080米，为国内已知最大的冰瀑。冰川通过冰瀑全部结构被破坏，冰瀑下出现冰雪角砾岩，故这种冰瀑已非奈伊一般的伸张流所能概括。冰舌具有再生冰川性质。冰川弧拱属弗尔伯斯弧拱型。白黑冰带有“年轮”意义，并代表冰川年运动速度，这和阿尔卑斯山的冰海冰川弧拱基本相同。冰川具有强大的过量下蚀能力，底部滑动起重要作用，形成很发育的底冰层。冰温处于压力融点。冰舌上消融强度在六月份连续阴雨日仍可达到9.3mm/度·日，年消融深在10—15米水层左右。冰川表面夏季运动速度为0.65—0.80米/日，海螺沟冰川中段年流速平均140米左右。

冰川近期后退显著，海螺沟冰川五十年来后退800—1000米，燕子沟冰川近4,000米。发现海姆所指的末次冰期冰碛为新冰期冰进产物，近顶部埋藏朽木C¹⁴测年为940yr.BP，与竺可桢所指南宋初年的寒冷期相符。末次冰期海螺沟冰川比现代冰川长8.5公里，主要冰进发生在24390—19700年前。磨西面是以燕子沟为主的末次冰期冰退时的谷地冰水平原。摩岗岭古冰碛和磨西面主谷山坡的堆积平台说明有更早的冰川遗迹。

贡嘎山地区已确定的多年冻土下限在九个海子一带为4600米，年平均气温推测为-4℃左右。冻土下限与雪线基本一致和下限年平均气温低的事实可以用气候的海洋性和纬度低来解释。雅家埂巨型石环（20米直径）的存在说明末次冰期气候干冷，大陆性程度增强。冰缘现象中以雪蚀洼地和石冰川的广泛发育为本区特色。

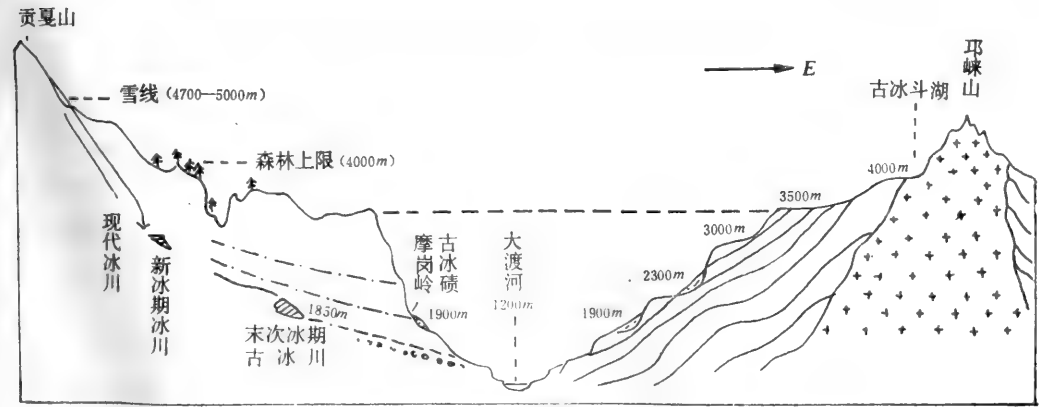


图18—6 大渡河成层地形面与古今冰川分布位置示意图

参 考 文 献

[1] 安特生 (1939)：《远东地形与考古之研究》（英文）中文介绍见《地质论评》5卷2期（袁复礼等）
[2] H.von Wissmann (1937)，The pleistocene Glaciation in China，中国地质学会志第十七卷第三期，145—168页
[3] 崔之久 (1958)：《贡嘎山现代冰川的初步观察》，于《地理学报》第24卷，第

3 期, 318—338 页

- [4] 谢自楚 (1980): 《冰川物质平衡及其与冰川特征的关系》, 于《冰川冻土》2 卷 4 期, 1—10 页
- [5] С.В.Калешнк (1963) Очерки гляциологии СТР. 253
- [6] R.Vivian and G.Bocquet (1973), Subglacial Cavitation Phenomena under the Glacier d'Argentière, Mont Blanc, France, J.Glaciol, Vol.12, 439—51.
- [7] J.E.Fisher (1962), Ogives of the Forbes type on Alpine glaciers and a study of their Origins, Jour.Glaciol.Vol. 4, P.53—61.
- [8] 李吉均、郑本兴 (1981): 《西藏东南部的季风海洋性冰川》于《青藏高原的地质和生态研究》第二卷, 1599—1610 页 (英文)。
- [9] A.Heim (1936), The glaciation and solifluction of Minya Gongkar, Geog. Jour., Vol.87, No. 5.
- [10] 王靖泰、汪品先 (1980): 《中国东部晚更新世以来海面升降与气候变化的关系》于《地理学报》第 35 卷第 4 期, 299—312 页。

INVESTIGATION OF GLACIERS ON THE GONGGA SHAN

Li Jijun Song Mingkun Qin Dahe Chou Shangze
Feng Zhaodon Yao Tandong

(Department of Geology and Geography, Lanzhou University)

Wang Yanlong Li Shude Shao Wenzhang Yao Heqing

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

The distribution and variation of the glaciers on the Gongga Shan were investigated. According to the data obtained, the existing glaciers on the Gongga Shan cover an area of 274.2 km², among which five valley glaciers are of the length up to 10 km. The longest one is known as Hailuogou glacier which descends to 2,880m a. s. l. and is surrounded by dense forest. Plentiful annual precipitation and frequent avalanches provide the glaciers with abundant supplies rendering them into the maritime type and causing a marked descent in the firn limit, especially on the eastern slope of the Gongga Shan. The glaciation level is on the whole 5200m or so, but the firn limit often comes down to 4700—5000m.

Due to violent uplift of the Gongga Shan in the pleistocene, the valleys have been deeply carved and many big ice falls have occurred on the main glaciers. For example, the big ice fall of the Hailuogou glacier ranges from 4800m to 3720m in elevation which is the highest ice fall known in China. Enormous ice and firn are dumped below the ice fall every year which transform into ice-and-snow breccia. Very beautiful glacial ogives appear on the ice

surface, reflecting their annual nature. The rate of glacier motion in this case is estimated to be 140m per year belonging to the block movement type. Thick basal ice layers can be found on the ice cliffs, denoting vigorous basal sliding on the glacier bed. The glacier unquestionably belongs to temperate ice.

The glaciers of the Gongga Shan have undergone intense changes in recent period. In the last 50 years the Hailuoguo glacier has retreated 800-1000m, and the Yanzhiguo glacier even more than 4000m. The main Neoglaciation ice advance is found to occur 940 years ago in Hailuoguo comparable to the third cold phase of Prof. Zhou's climatic chronology for 5000 years in China. It is also found that the last glaciation ice advance occurred in a period from 24390 ± 70 yr. BP to 19700 ± 300 yr. BP in the Hailuoguo when the glacier extended at an elevation about 1850m a. s. l., at least 8.5km more than existing glacier.

19. 川西滇北藏东南地区雪害分布及其特征*

王彦龙 邵文章

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

川西、滇北、藏东南的一些地区,降水充沛,积雪深厚。雪崩、风吹雪和异常积雪成为一种常见的自然灾害。给交通运输,水电、工矿建设和农牧业生产,以及人民生命财产造成严重危害。随着西南地区现代化建设事业的发展,将有更多的公路、水电和工矿企业的建设扩展到雪害地区。因此,对该区雪害及其防治研究是十分必要的。为此,我们于1981年开始,对本区的积雪和雪害进行了考察研究,现将考察结果作一报导。

一、雪害形成的条件及分析计算

(一) 雪崩的形成条件

该区雪崩主要分布于藏东南、滇西北、川西的贡嘎山和雀儿山。由于它们所处的地理位置不同,其形成条件各有所别。现以藏东南和雀儿山两个典型雪崩区为例,简述如下:

(1) 西藏东南部雪崩的形成条件

本区受印度洋的湿润季风影响,降水量十分丰富。根据扎木气象站(海拔2750米)1968—1979年资料,谷地中年平均降水量为873.5毫米,其中60%降于春、秋和冬季。山地降水量随高度升高而增加,根据我所1964—1965年在古乡冰川上观测,波斗藏布江地区的降水递增率可达90毫米/100米。以此推算,海拔4000—5000米的山坡上,年降水量为1950—2000毫米,其中固体降水量达1000毫米左右。相当于我国天山西部雪害严重地区的3—7倍。

在喜马拉雅运动之后,本区的新构造运动十分强烈,地形切割很深,分水岭与谷底的相对高差可达1000—1500米,山坡平均坡度为40度左右。根据天山雪崩站研究,在40度坡度条件下,山坡积雪的极限厚度为60—80厘米。考虑到本区积雪密度大,温度梯度变质作用弱,雪层强度大,积雪的极限厚度可达100厘米左右。如果新雪密度以0.15克/厘米³计算,只需要150—200毫米的降水量即可形成雪崩。因此,本区冬春季的雪崩甚为频繁。加之本区3900米—4500米为高山草甸,海拔4500米以上为常年积雪区。高山草甸和基岩均为雪崩发生的有利下垫面,这样,森林线以上的山坡上,均成为雪崩危险区。

(2) 雀儿山雪崩形成的条件

雀儿山雪崩区,地处横断山的西北部。根据雀儿山气象站(海拔4030米),1957—1961

*在撰写本文过程中,曾得到施雅风、张祥松、任炳辉、白重璠等同志的指导,特此一并致谢。

年气象资料,年平均降水量为719.5毫米,最大为800毫米。由于该区地势绝大部分位于海拔4000米以上。在海拔4500米左右可能出现稳定积雪的天数长达150天,在此期间,固体降水量在300毫米以上,相当于我国天山伊犁河上游雪崩区的固体降水量。较丰富的固体降水积聚成较厚的积雪,在一般年份,海拔4500米附近的积雪厚度为70厘米左右,个别大雪年份可达100厘米以上,为雪崩形成提供了物质条件。

雀儿山是沙鲁里山的一部分,数个山峰超过海拔5500米,是耸峙于青藏高原古夷平面上的巨大山体。其由燕山早期中酸性花岗岩构成。这些花岗岩在隆起过程中,经流水作用和冰川作用的雕塑,形成了目前的高山陡坡,峡谷窄深的地形。在海拔5000米左右的山脊两侧,剥蚀漏斗地形和雪蚀洼地十分发育,为雪崩形成提供了良好的地形条件和物质集聚地。因此,该区也是雪崩危害地区之一。

(二) 雪害形成条件的分析计算

雪害形成主要与地形和气候有关。川西、滇北、藏东南的气候三度空间变化较大,从其变化幅度来看,气候垂直变化胜于水平变化,进而使本区一些气候要素独具特色。

就目前该区现有气象站来说,一般位于河谷之中,所取资料多半不能反映该区山地气候要素的特征。因此,研究该区积雪和雪害基本特征时,应对与雪害有关的基本要素,即可能出现稳定积雪天数,一次连续最大固体降水量和地形切割程度等,进行如下的分析和推算。

(1) 逐日平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的天数推算

根据天山雪崩站资料,逐日平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 天数近似等于伊犁河上游稳定积雪期天数。因该区个别地区降水和温度状况同天山西部有所区别,例如川西北并非如此。逐日平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 日数是稳定积雪期长短条件。因此,本文采用逐日平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 时间间

表19-1 川西滇北藏东南各地气温递减率

地 区	递 减 率 ($^{\circ}\text{C}/100\text{米}$)	地 区	递 减 率 ($^{\circ}\text{C}/100\text{米}$)
巴塘——理塘	0.65	德格——马龙	0.65
巴塘——义敦	1.01	昌都——丁青	0.65
雅江——理塘	0.70	马尔康——阿坝	0.86
雅江——新都桥	1.00	马尔康——红原	1.10
泸定——二台子	0.64	汶川——松潘	0.51
泸定——康定	0.67	汶川——黑水	0.86
泸定——磨西	0.60	丽江地区	0.60
新都桥——折多山顶	0.59	保山地区	0.50
贡嘎山南坡	0.65	潞江坝——上江坝	0.70
贡嘎山西坡	0.58	波密古乡	0.65
九龙——鸡丑	0.65	察隅——隆子	0.43
炉霍——道孚	0.53	甘孜——雀儿山	0.67

隔，作为可能出现稳定积雪的天数。其天数长短主要根据山地附近台站的各年度逐日平均气温和气温随高度变化率来确定。已知山地附近台站的逐日平均气温，那么其不同高度的日均温降低值，可用公式 $T = Z \cdot (h_1 - h_2)$ 求得。式中 T 为气温降低值（℃）； Z 为气温递减率（℃/100米）； h_1 为所求点海拔高度； h_2 为山地附近台站的海拔高度（米）。

在125个台站逐日平均气温资料的基础上，结合不同地区的气温递减率（见表19—1）

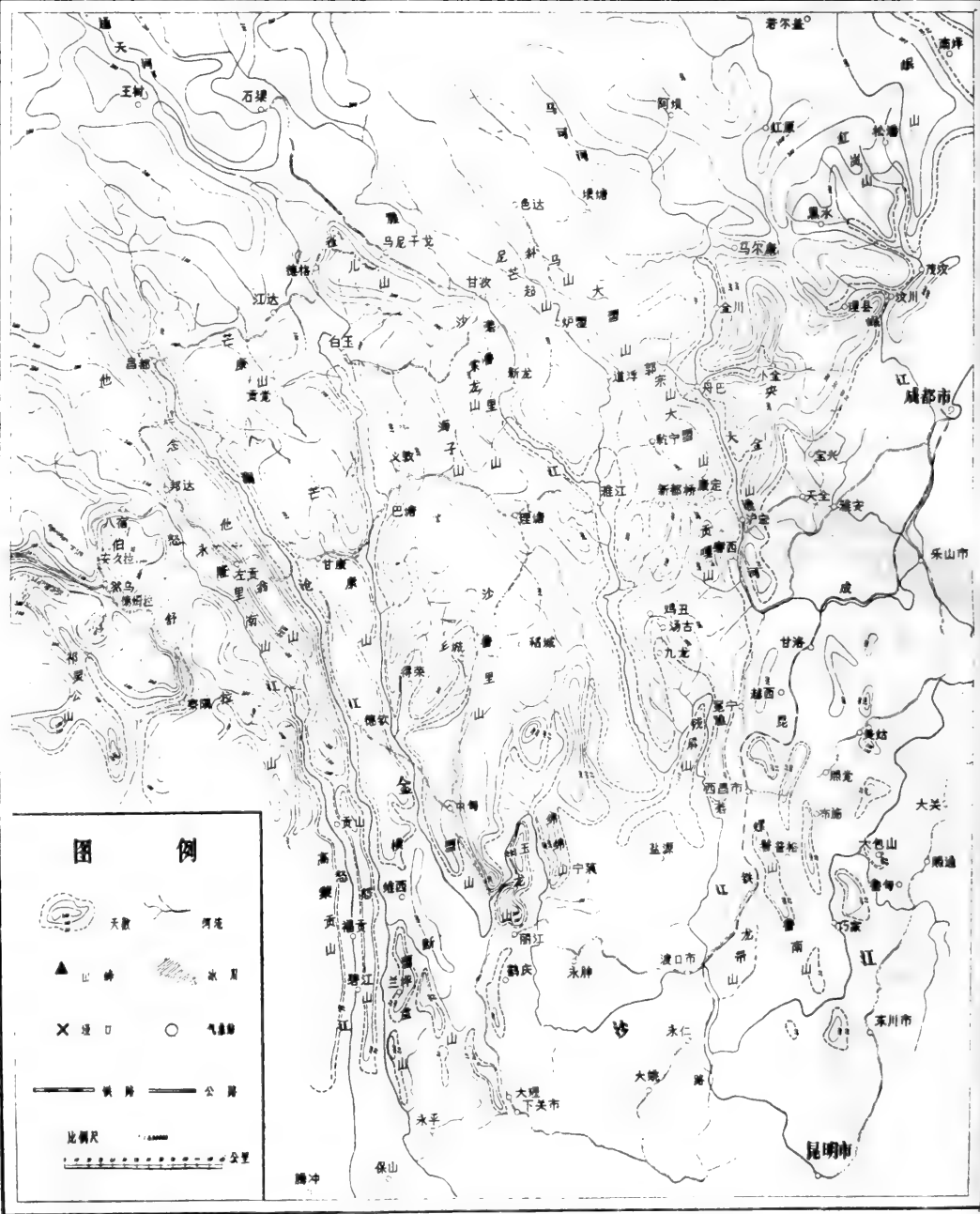


图19—1 川西滇北藏东南日平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 天数图

和地形特征，推算出了370余处的逐日平均气温和可能出现稳定积雪天数。绘制出该区逐日平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 天数图（如图19—1）代替可能出现稳定积雪的天数。

（2）可能出现稳定积雪期内固体降水量的推算

可能出现稳定积雪期内固体降水量，是指连续处于负温条件下（取日平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 时期）的固体降水量。要推求这个要素，首先要了解不同地区的最大降水高度和降水随高度的变化率。

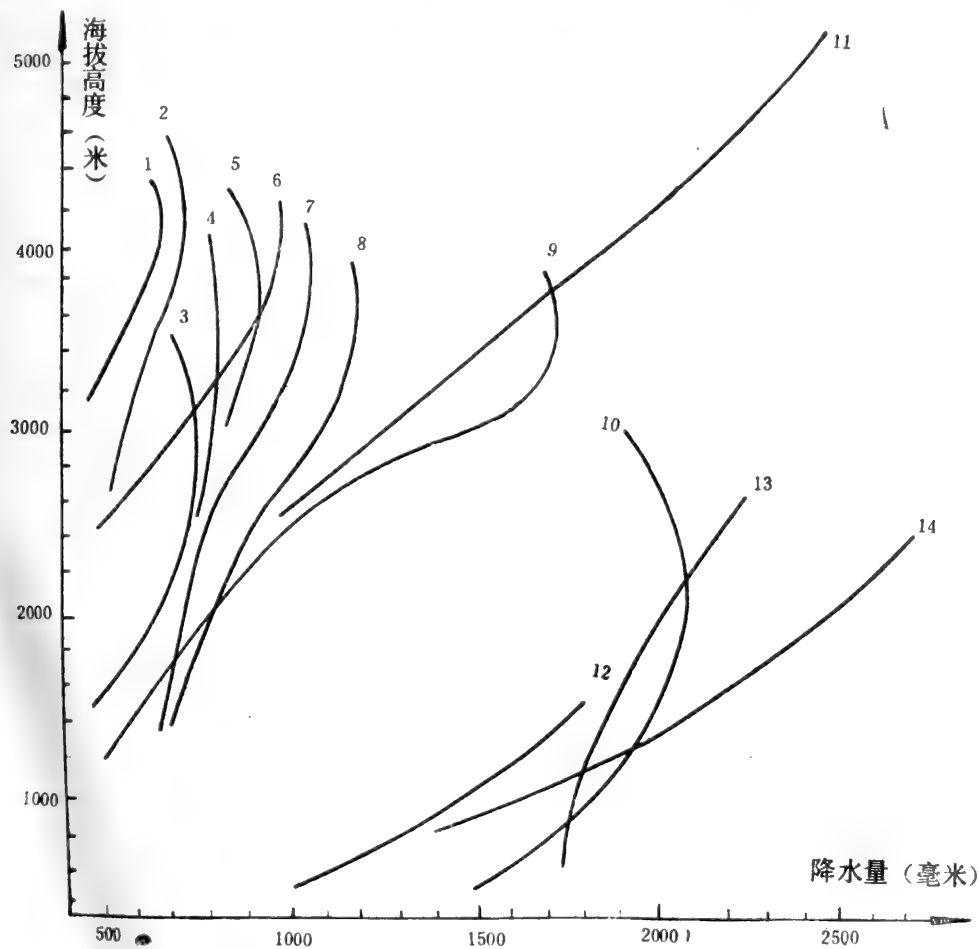


图19—2 横断山地区降水量垂直变化图

1	昌都—丁青	6	巴塘—义敦(沙鲁里西坡)	11	波密地区
2	雀儿山	7	泸定—二台子(折多山东坡)	12	邛崃山东坡
3	茂汶—红原	8	云南东川地区	13	雅安—二郎山
4	雅江—理塘(沙鲁里东坡)	9	云南丽江地区	14	荣经—大相岭
5	折多山西坡	10	峨眉山		

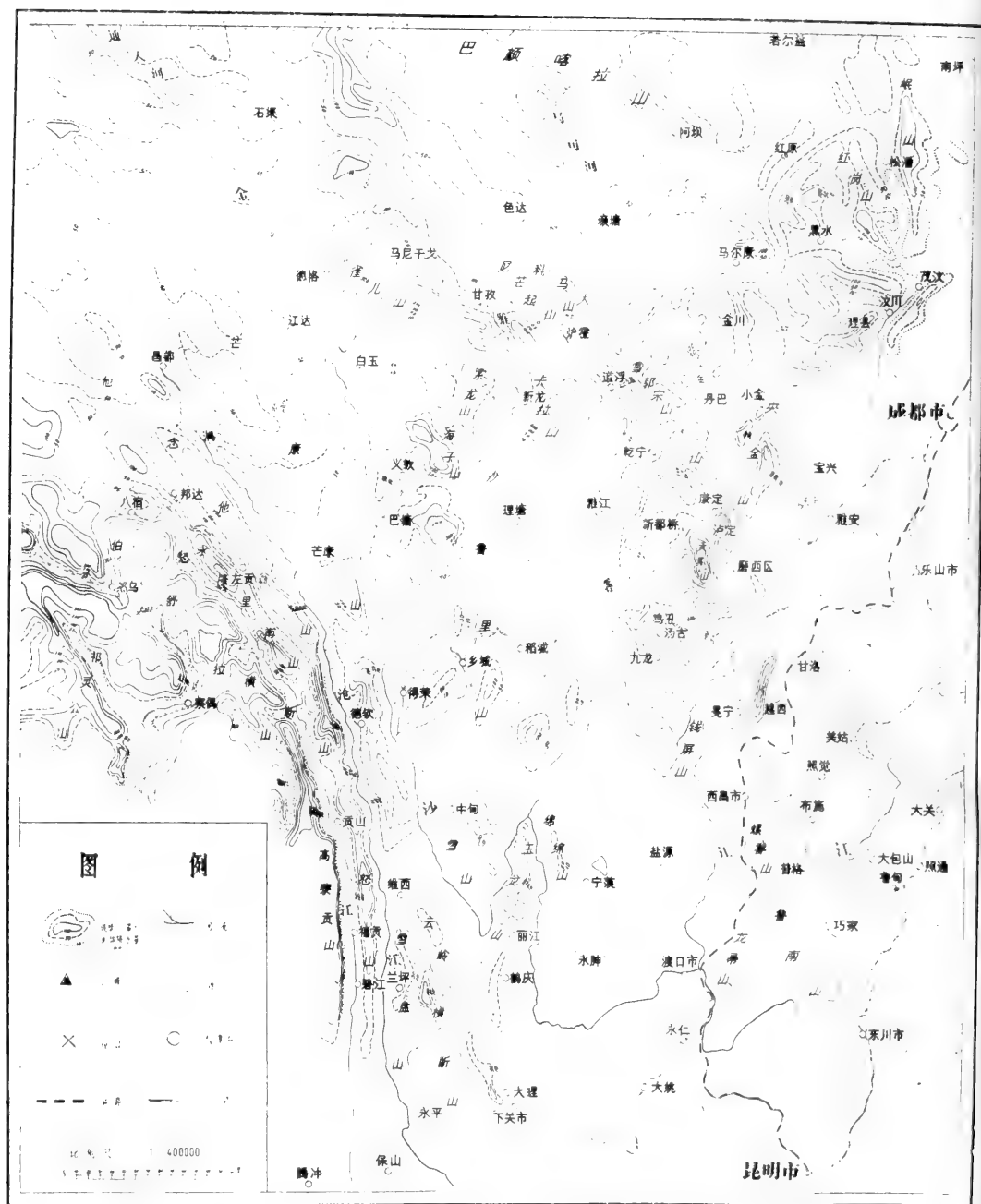


图19-3 川西滇北藏东南最大一次连续固体降水量图

经过收集、分析和统计计算，整理出14个降水剖面资料。若将各剖面资料绘制在同一坐标图上，如图19-2。即可看出曲线1—7和12—14属两种不同类型的曲线。前者降水量不超过1000毫米，最少不超过450毫米，属少雨型。后者降水量大于1000毫米，最大达2800毫米，属多雨型。通过图19-2，以及地形和植被的分析，得知该区最大降

水高度的变化总趋势是由西南向西北逐渐升高。北部甘孜—昌都一带，最大降水高度在海拔3800—4000米左右，而马尔康—红原一带约在海拔3500—3700米。中部左贡—理塘一带在海拔3600—3800米左右，雅江—康定在海拔3500—3700米，而雅安—二郎山顶在海拔3000米左右，德钦、丽江地区在海拔3300—3600米左右，东川地区在海拔3000米左右

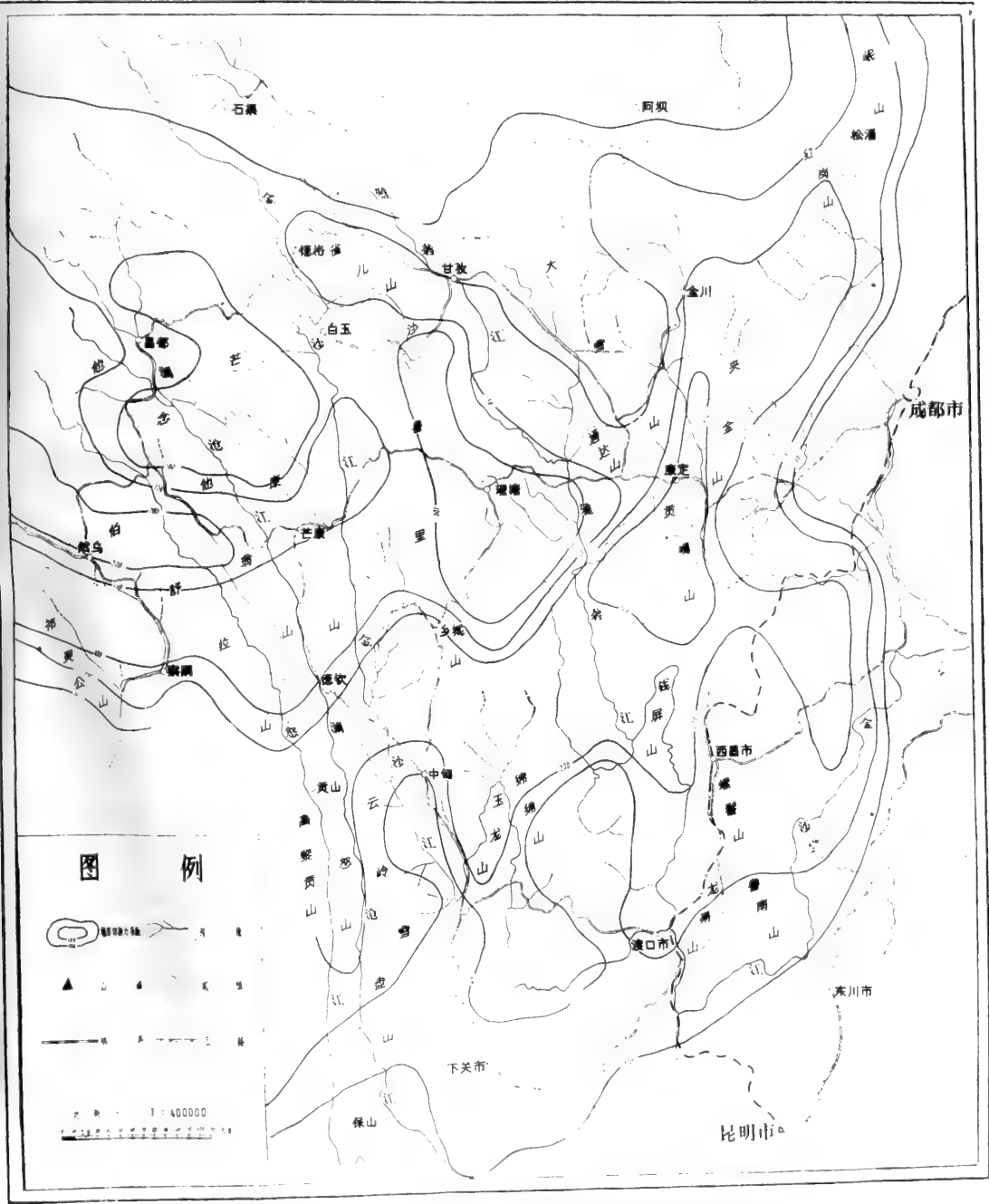


图19—4 川西、滇北、藏东南地形切割程度图

右,而峨眉山降至海拔2100米。

一般来说,在最大降水高度以下,降水随高度单调上升,可用下面线性方程近似计算。

$$R_{(2)} = r + Z \cdot (h_1 - h_2)$$

式中: $R_{(2)}$ —不同高度上的降水量(毫米), r —山地附近台站的降水量(毫米), Z —降水随高度变化递增(减)率(毫米/100米), h_1 —需求点的海拔高度(米), h_2 —附近台站的海拔高度(米)。

采用上述关系式,对最大降水高度以下的降水分布情况,可以了解得比较仔细。对最大降水高度以上的降水情况,也可以近似计算。根据125个气象台站的降水资料,推算出370个地方的固体降水量,绘制出一次连续最大固体降水量图,如图19—3。

(3) 地形切割系数统计计算

在进行区域雪崩地形条件分析时,我们考虑到地形切割系数这一因素。通过对切割系数的研究,发现该区雪崩均发生在地形切割系数大于150的地区;而在地形切割系数小于150的地区,即使固体降水量大,也很少发生雪崩。地形切割系数是在1:10万地形图上统计计算的,最后在1:10万地形图上编绘。具体方法是:

第一、选择40—60公里长的江河支流代表中尺度面积内水系发育状况。

第二、量测这些支流的流域面积以及临时侵蚀基准面和分水岭之间的高差。

第三、用公式 $K = \frac{H}{\sqrt{P}}$ 计算地形切割系数。式中 K 为地形切割系数, H 为侵蚀基准面与沟头高差(米), P 为流域面积(公顷)。

第四、计算出233条江河支流的地形切割系数,编制出地形切割程度图,如图19—4。

二、川西滇北藏东南雪害分布规律

雪害的时间和空间分布,与充沛的降水量息息相关。在讨论该区雪害分布时,应该强调固体降水量和稳定积雪期的长短。没有较长的稳定积雪期,地面就不会保留较厚的稳定积雪,更不可能由积雪酿成雪害。这样,在一定地形条件下,稳定积雪期以及在稳定积雪期内(取日平均气温连续 $\leq 0^\circ\text{C}$ 的持续日数)固体降水量就成为雪害形成的必要条件。

在野外实地调查访问的基础上,依据图19—1、3、4编绘出川西、滇北、藏东南雪害分布图,如图19—5。由图19—5看出,雪害主要分布于西藏东南部,滇北德钦地区,川西沙鲁里山和大雪山区。此外,在昌都地区的海拔4200米高原面上,风吹雪分布广泛。

在分析该区山地固体降水和可能出现稳定积雪的天数基础上,我们对上述雪害地区进行了考察研究。发现雪崩发生区下限海拔高度各地很不一致。在沙鲁里山区(包括雀儿山)最高,海拔可达4700米—4800米之间,可能出现的稳定积雪天数为220—240天,年平均气温为 -0.5 — -3.5°C ,年固体降水量为300毫米左右。易贡和贡嘎山雪崩发生区下限最低,在海拔3800米左右,可能出现稳定积雪的天数为140—150天,在此期间的固体降水量为330—900毫米。

若将雪崩发生区下限的地形形态，年固体降水量，以及可能出现稳定积雪的天数，绘制在同一座标图上，如图19—6。可以看出，300毫米的年固体降水量线和150天可能出现稳定积雪的天数线在云岭和德钦间相交。其北为少雪型雪崩发生区，其南为多雪型雪崩发生区。前者主要分布于沙鲁里山和茫康山区以及昌都地区的一些冰川上（见图19—5）。这种类型雪崩发生的最低高度主要受固体降水量的控制。一般均发生于固体

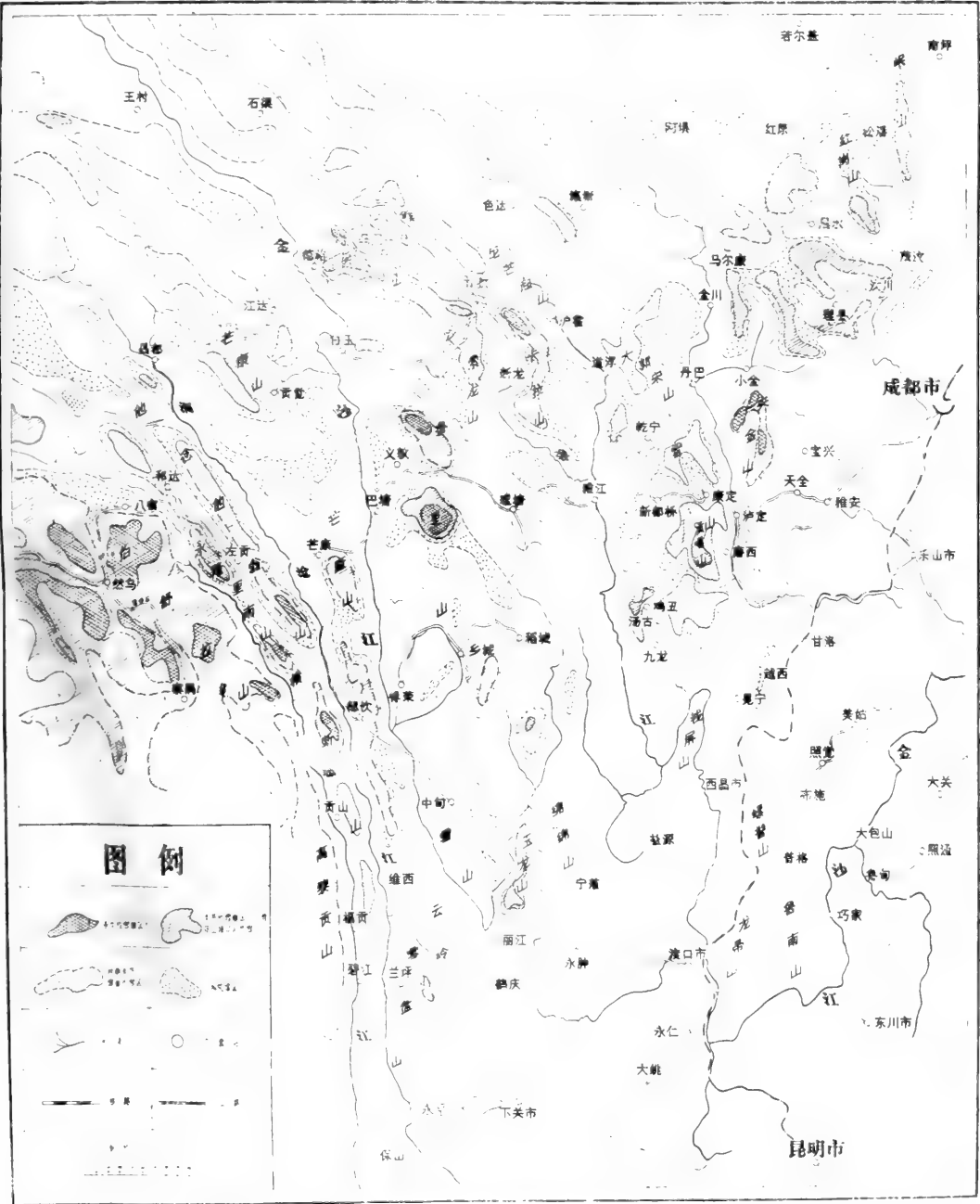


图19—5 川西滇北藏东南雪崩风吹雪分布图

降水量小于300毫米地区,尽管可能出现稳定积雪的天数大于150天,相对高度为500—1000米,山坡坡度较陡,也不发生雪崩。多雪型雪崩发生区,主要分布于易贡、波密、然乌、贡山、玉龙山和贡嘎山一带,沿青藏高原边缘呈弧形分布。其发生区最低高度主要受可能出现稳定积雪的天数长短控制,在其天数较短地区,虽然固体降水量超过了300毫米,但由于年平均气温高,积雪强度和密度都较大,不易形成雪崩。雪崩大多数发生在可能出现稳定积雪天数大于150天的高山上(见图19—6)。

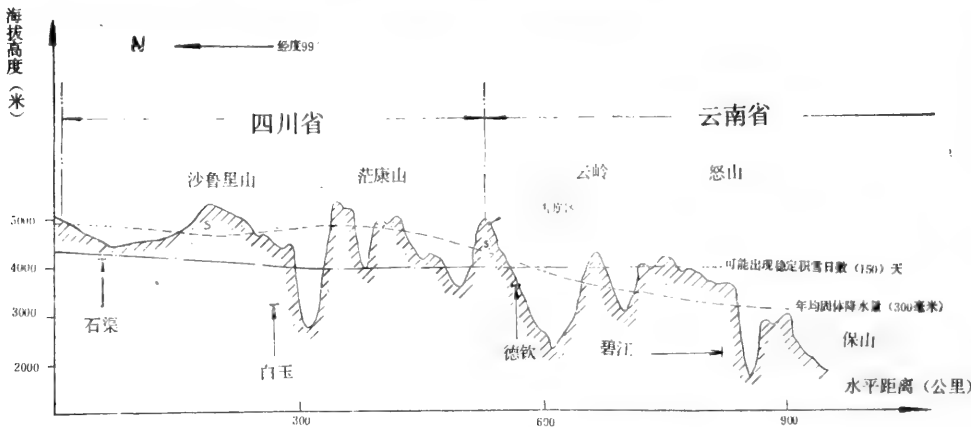


图19—6 保山—石渠雪崩分布剖面图

风吹雪发生区的高度也受可能出现稳定积雪天数长短和固体降水量的控制。昌都、甘孜等地,风吹雪一般发生于海拔4300米以上的高原或山区。在海拔4000米左右,虽然可能出现稳定积雪的天数已超过了100天,但因年固体降水量少(小于50毫米),一般没有风吹雪危害。在贡嘎山、易贡和然乌等地区,海拔3500米处,年固体降水量充沛(大于50毫米),但由于可能出现稳定积雪天数短,不易形成风吹雪。风吹雪一般分布于海拔4000米以上的山脊和山口附近。

三、川西滇北藏东南雪害的基本特征

(一) 雪崩的基本特征

该区雪崩主要分布于藏东南、滇北玉龙山以及川西的贡嘎山和雀儿山。虽然这些雪崩区可能出现稳定积雪的天数基本相同,都是150天左右。但由于它们所处的地理位置不同,其固体降水量和地形切割程度的不同,雪崩的特征各有所别(如表19—2)。西藏波密地区具有产生大规模雪崩的有利条件,雪崩危险期长,崩塌量大,冲击力强,是我国迄今最大的雪崩区,相当于世界雪崩灾害严重的阿尔卑斯山雪崩[2]。贡嘎山雪崩规模小于西藏东南部雪崩,而大于我国的天山地区,但分布范围小,危害性不及天山,玉龙山雪崩与此区雪崩类似。一次连续降雪,引起积雪厚度增大,是雀儿山雪崩形成的一个主要原因。根据访问考察,该区雪崩类型和规模同我国新疆伊犁河上游雪崩相似。其危害程度较小。

表19—2 藏东南川西天山西部等地雪崩特征对比表

项 目		滇 北 藏 东 南 贡 嘎 山	川 西 北 雀 儿 山	天 山 伊 犁 河 上 游*
雪崩发生时间		干雪雪崩一般发生于11月—12月，其规模较小；湿雪雪崩大多数发生于3—5月间、规模大	干雪雪崩多半发生于11月—12月份，在4—5月间有少量湿雪雪崩发生	干雪雪崩多半发生于11月—12月间，湿雪雪崩主要发生于2—3月份
季节性雪崩区	的海拔高度	一般在3000—5000米间，最高达5000米，最低达2500米，有时可从6000米以上崩至2500米	季节性雪崩一般分布在4000—4800米地区，最高点5000米，最低点达到3500米	季节性雪崩一般发生于3900—1500米间，最低可降至1000米左右
雪崩的运动距离		一般长500—1000米，最长可达6000米	一般长100—500米，最长可长1000米	一般长300—800米，最长可达2000米
冲击力根据 $S = 2.3 \frac{a}{k^{\frac{1}{2}}} \cdot \log \frac{a}{a-kv} + \frac{v}{k}$ 公式推算得		一般40吨/米 ² ，最大为200吨/米 ²	一般5—10吨/米 ² ，最大可达20—40吨/米 ²	一般30—50吨/米 ² ，最大50吨/米 ²
一次雪崩量	一般崩塌量和	一般5—10万方，最大可达200万方	一般0.03—0.5万方，最大可达10万方	一般0.05—0.8万方，最大可达30万方
	不同 类型雪崩量百分比	按地貌类型分 沟槽雪崩占80%左右，坡面和沟坡雪崩占20%左右	按地貌类型分 沟槽雪崩约占70%，沟坡占20%，坡面雪崩占10%	按地貌类型分 沟槽雪崩约占60%，坡面和沟坡各占20%。
	按雪含水量分	湿雪雪崩约占90%，干雪雪崩约占10%	干雪雪崩约占70%，湿雪雪崩约占30%	干雪雪崩约占55%，湿雪雪崩约占45%

* 根据新疆0503雪害防治队1974年资料

(二) 风吹雪形成和特征

川西、滇北、藏东南地区风吹雪危害虽然不及雪崩危害严重，但其分布范围广。主要分布于甘孜、昌都地区的草原和高山上。此外，还分布于云南德钦地区和西藏波密地区的山口和山脊附近。

昌都、甘孜地区风吹雪形成和特征：根据昌都气象站（海拔3200米），1960—1980年资料，该区可能出现稳定积雪的日期（12月1日—1月15日）内降水为3毫米，海拔4200米以上固体降水量大于50毫米。在海拔为4000—5000米间，积雪厚40—60厘米，相当于天山西部风吹雪危害地区积雪厚度一半。但该区风吹雪分布范围远远大于天山西部地区。其原因首先是澜沧江和金沙江流域，在白垩纪以来的老第三纪期间，曾发育过准平原地形。准平原之上，山顶浑圆，山坡平缓，从而给风吹雪广泛分布提供了有利的地形条件。其次，该区已靠近大陆性气候区，可能出现稳定积雪的天数长，气温低，积雪密度小，含水量少，有利于雪粒的起动和运行。加之该区多西北风，风速大、最大风速在20米/秒以上。给风吹雪形成提供了动力条件。所以，尽管该区可能出现稳定积雪期内固体降水量较少，而风吹雪分布范围很广泛。

德钦、波密地区风吹雪形成和特征：德钦、波密地区，河谷密布，流水切割强烈，河间夷平面被破坏殆尽。风吹雪主要分布于山脊和山口附近。由于该区纬度低，距印度洋近，其气候与昌都大不一样。根据波密和昌都气象资料分析，该区固体降水量比昌都地区大5—7倍。在海拔4200米处，年平均气温在0℃左右，每年四月中旬以后，日平均气温上升到0℃以上。春季气温高，新雪含水量大，且易形成坚实的融化壳。因此，风吹雪主要发生在冬季（12月—2月）。在冬季该区山脊背风一侧，积雪深厚，一般厚度为2—5米，局部地方可达5米以上。每当冬季，高大的雪檐蜿蜒分布在山脊上，直接危害着交通运输。由于该区山脊一般呈带状分布，宽度不大，虽然积雪较厚，但范围小，其危害程度不及天山西部地区⁽³⁾。

主要参考文献

- [1] 中国科学院兰州冰川冻土研究所：《雪崩及其防治》科学出版社，1979年
- [2] U.S. Department of Agriculture, Forest Service,
1975, Avalanche protection in Switzerland, USDA For.
Serv. Gen. Techn. Rep. RM-9, 168p, Rocky Mt. For
And Range Exp. Stn. Fort Collins, Colo. Rado.
- [3] 中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所冰川研究室：《风雪流及其防治方法》人民出版社，1978年。

DISTRIBUTION AND FEATURES OF SNOW DISASTER IN WEST SICHUAN, NORTH YUNNAN AND SOUTHEAST XIZANG

Wang Yanlong Shao Wenzhang

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Based on the data of 125 meteorological sites and the vertical gradients of temperature, precipitation, and terrain characteristics in the various regions, the developmental conditions of snow disaster are analysed. Furthermore, three maps have been compiled involving respectively precipitation, possible stable snowcovered days and degree of dissection. A distribution map of the snow disaster based on the above mentioned data has also been made.

In this region, the lower limites of disaster area for avalanche and snowdrift are highest in Shaluli mountains, being located at the altitude of 4700m and 4300m respectively; in Bomi of Southeast Xizang and Gongga Shan of west Sichun, the limits are at the altitude of 3800m and 3500m respectively. Two types of snow disaster are distinguished, the heavy snowfall and light snowfall types. The former type is distributed at northwest part of this region under the control of solid precipitation; the latter type often exhibits curvilinear distribution along the southeast border of Qinghai-Xizang Plateau under the control of stable snowcovered term. The snowdrift area shows similar phenomena.

The scale and level of disaster of the above mentioned two types are different. The snow disaster of heavy snowfall type is mainly wet-avalanche with larger crumbled materials, strong impulsive force and severe calamity. The snow disaster of light snowfall is dry-avalanche with less crumbled materials and less disastrous outcome, but the snow-drift is widespread.

20. 贡嘎山地区高山多年冻土分布及其与环境因素的关系*

李树德 姚河清

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

贡嘎山地区位于青藏高原东南缘,横断山脉的北端,四川省甘孜藏族自治州的康定、泸定县境内,介于 $29^{\circ}20'$ — $30^{\circ}20'N$ 和 $101^{\circ}30'$ — $102^{\circ}15'E$ 之间,面积约有5500多平方公里。

本区在地貌上属于横断山系,大雪山山脉的中段,主峰贡嘎山高耸于大雪山山脉的群峰之上,海拔高达7556米,山体高大,气势磅礴。陡峻的冰峰雪岭和丰富的自然景观,为中外人士所注目。早在十九世纪末,克莱纳首次测量了贡嘎山的海拔高度,戴维斯绘制了贡嘎山的地图。本世纪以来,洛策、安德生、李承三和海姆等人相继对贡嘎山周围的地质、地貌、冰川和古冰川遗迹作过调查。1957年我国登山队第一次攀登时,崔之久对现代冰川和冰缘作了较为详细的观测报导;近年来成都地理所开展了对贡嘎山山地的综合研究。前人的工作为我们今天的考察研究提供了重要的科学依据。现根据1981年6—7月,我们所考察观测的资料和过去已积累的资料,对贡嘎山高山多年冻土分布及其与环境因素关系作一探讨。

一、高山多年冻土的分布特征

贡嘎山地区多年冻土属于高山多年冻土类型,迄今为止在贡嘎山地区只是在其西北的九海子和西坡贡嘎寺后山海拔4700米以上地方,勘探到多年冻土。1980年7月2日,成都地理所胡发德、王明龙同志首次在九海子海拔4600米的探坑中测得2.5米深处,地温为 $-5^{\circ}C$ (见图20—1)。1981年7月,我们在九海子所进行的勘探工作,表明在海拔4600米附近的北坡上确有多多年冻土发育。依据是:

(一) 探坑资料

我们前后在九海子和雅家埂共挖坑15个,分别高度为4400—4610米。大部分探坑由于高度不够和坡向、岩性等影响,没有发现多年冻土。只有9号和11号探坑中见有多多年冻土。

*本文承蒙周幼吾、郭东信、程国栋、童伯良同志审阅,并提出了宝贵意见,在清稿中得到李作福同志的帮助,在此,谨致谢意。

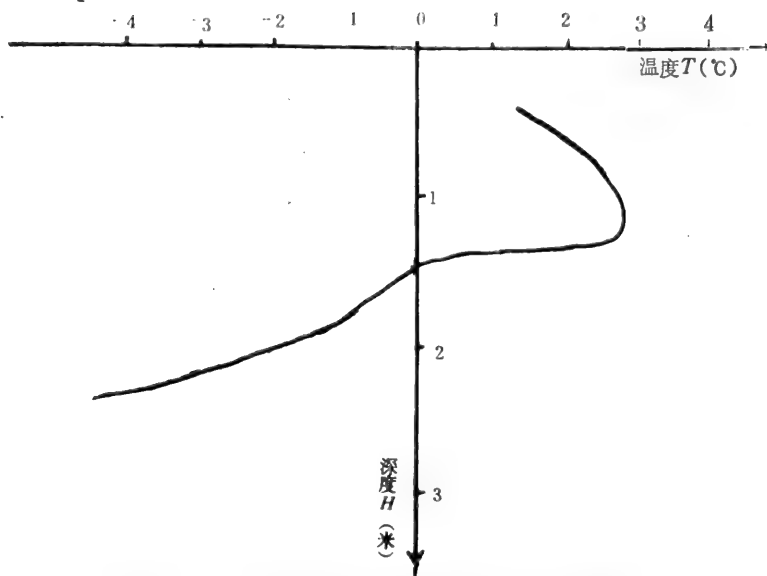


图20—1 九海子海拔4600米处地温曲线图

9号探坑位于山脊北坡，标高为4610米，坑深3.0米，20厘米内为黑色草甸土，0.2—2.2米为碎石砂层，2.2—2.5米亚粘土层，在2.3米深见冻土。剖面地温为：0.5米处4.3℃，1.0米处4.1℃，1.5米处3.3℃，2.0米处2.1℃，2.3米处-0.1℃，2.5米处-0.1℃，2.7米处-0.2℃，2.9米处-0.3℃。季节融化层深度按季节融化速率图计算为3.44米。观

表20—1

9号探坑观察情况表

试坑编号：9。试坑位置：九海子山脊北坡
地面标高：4610米。挖探时间，1981年7月26日

地质时代	深度 (米)	岩性描述
Q ₄	0.0—0.2	草皮土：黑色、松散，有腐植质，含沙砾石
	0.2—1.0	块石层：块石占80%，最大块石直径为30厘米，岩性为花岗岩，松散，有草根发育
	1.0—2.0	碎石层：黄褐色，不含土，碎石粒径均匀，次棱角状，岩性为花岗岩，风化严重成颗粒状，并有大块石分布
	2.0—3.0	碎块石层：黑褐色，碎石含量为50%，其余为块石和砂粒，最大块石直径达70厘米，其岩性同上，2.2—2.5米有亚粘土层，2.3米见冻土面，冻土较弱，手掰易碎，2.4米已冻结坚硬，含冰量较大，融化有水流出，冻土呈层状和薄层状构造，在个别块石周围有冰壳包裹、冰纯

察情况如表20—1。

11号探坑位于山脊北坡,海拔高程4570米,地表植被覆盖度为85%以上,坑深2.9米。草甸土厚20厘米,0.2—2.4米为砂砾石层,2.4—2.9米块石夹砂,2.4米见冻土。剖面地温为:1.5米处4.6℃,2.0米处2.8℃,2.4米处1.0℃,2.6米处-0.2℃,2.9米处-0.2℃。季节融化层深度为3.92米。观察情况如表20—2。

表20—2

11号探坑观察情况表

试坑编号: 11号。试坑位置: 山脊北坡顶部

地面标高: 4570米。挖坑时间: 1981年7月27日

地质年代	深度 (米)	岩性描述
Q ₄	0.0—0.2	草皮层夹土: 为黑色, 松散有草根。
	0.2—1.2	砂砾石层: 为黄褐色, 含砂量50%、砾石中有泥质物充填, 岩性为花岗岩。
	1.2—2.4	砾石层: 为黄褐色, 砾石50—60%、极棱角状, 砾石中有亚粘土充填, 较潮湿, 2.4米处见冻结面、有粒状冰、整体状冻土构造。
	2.4—2.9	块石夹砂: 为黑色、块石约40—50%, 次棱角状, 岩性为花岗岩, 块石被薄层冰包裹、冰厚0.1—0.3厘米, 冻土构造为整体状。

在贡嘎山西坡, 贡嘎寺后山海拔4700米的探坑中1.4米见冻土, 有粒状冰晶, 冻土构造为整体状。1.9米冻结坚硬, 含水量增多有层状冰出现, 坑深2.5米。1980年6月16日测得剖面地温为0.7米处1.7℃, 1.5米处-1.2℃, 1.7米处-2.6℃, 2.1米处-2.7℃^①。季节融化层厚度约3.2米, 表明西坡多年冻土下界高度在4700米左右。

贡嘎山东坡, 现代冰川发育。最著名的有海螺沟冰川, 全长14.5公里, 冰舌延伸到海拔2800米的森林之中。冰川上段海拔3700—4800米有高差1100米的冰瀑布, 冰雪物质源源不断经该处补给冰川下段, 形成再结晶的冰川冰。经冰川上测温表明: 冰川冰温接近于0℃, 为暖型冰川。冰川厚度约在90—110米。冰川两侧的高侧碛上和冰川底部未有发现多年冻土, 海螺沟雪线在4700—5000米之间。现代冰川附近经过多次的冰川作用, 基岩裸露, 山坡陡峻, 冻土勘探无法进行。根据徐教祖的计算, 该处多年冻土下界高度约为4900米。

(二) 年平均气温

按照青藏高原边缘山地气温直减率为0.54℃/100米, 以磨西为计算基点, 则4000米处是年平均气温0℃, 是等温线通过的地方。东坡多年冻土下界高度4900米, 年平均气温为-4.9℃; 北坡为4600米, 气温为-3.2℃; 西坡为4700米左右, 气温为-3.7℃。

贡嘎山东南坡是季风海洋性气候的迎风坡, 年降水量1000毫米以上, 发育了海洋性

① 据成都地理所胡发德1980年资料。

暖型冰川而同步发展起来的高山冻土是否也同样具有海洋性多年冻土的特点,目前对季风气候条件下多年冻土的研究报导不多,据我们在贡嘎山、雀儿山、德姆拉山考察后,初步认为海洋性气候条件下高山多年冻土有如下的特征:①多年冻土分布的下界高度一般等于雪线或接近雪线。②多年冻土的浅层地温一般较高,3.0米左右深处的地温大约在 $0.0-0.3^{\circ}\text{C}$ 。③多年冻土的季节融化层厚度大,一般在3—4米以下。④冻土类型结构复杂,有瞬时冻土、季节冻土和多年冻土。如从大渡河的泸定到贡嘎山主峰就有瞬时冻土分布约在1000—1500米之间,季节冻土为1500—4800米之间,4900米以上为多年冻土。

贡嘎山高山多年冻土分布的面积根据实际考察和新编绘的1/10万地形图上量算有317.4平方公里,主要分布在主山脊线两侧的高坡上。贡嘎山现代冰川共有71条,总面积有297.5平方公里。冰川和高山冻土紧紧相连,一般在冰川分布以外的空地上发育了多年冻土,见图20—2。

(三) 活动的石冰川

这是一种常见的冰缘现象,许多学者认为是多年冻土存在的地表标志。在阿尔卑斯山许多地区,多年冻土下界在2300—2500米左右的高山上,和活动的石冰川的分布是一致的^①。贡嘎山北坡九海子解放沟上游发育的石冰川低于多年冻土下界100米左右。

二、影响高山多年冻土分布的环境因素

(一) 气候因素

气候是多年冻土形成分布的主导因素,一个地区冻土发育规律与该区气候条件有密切的关系。横断山区气候的基本特征是区域上的巨大差异性,时间上的多变性和气候类型的复杂性。这里是我国唯一的西南季风、东南季风和青藏高原季风三大季风交汇的地方。根据热量状况,本区从南到北,从低到高,热、温、寒三带气候皆有,此外还有一定范围的冰雪气候。因此本区气候类型复杂多样,山高谷深形成了垂直气候带谱。从贡嘎山东坡的大渡河谷到贡嘎山的主峰基带为亚热带河谷(1500米),向上为中山暖温带(1500—2500米),中山温带(2500—3000米),高山寒温带(3000—4000米),高山亚寒带(4000—5000米),极高山严寒带(>5000米)^②。而贡嘎山北坡的垂直气候带只有高山寒温带、高山亚寒带到极高山严寒带。多年冻土的发育在高山亚寒带到极高山严寒带中。

年降水量大,干湿季明显。区内大部分地方年降水量在600—1200毫米之间,5月—10月为夏半年湿季,降水量占全年总降水量的85—95%,雨水集中,雨日频繁;11月至翌年4月为冬半年,雨少温低。由于南北走向的高大山脉和季风气候的影响,气温和降水在空间分布上有明显的坡向差异性(见表20—3)。贡嘎山东南坡的田湾水文站降水量可达1244.8毫米,北坡康定降水量为793.6毫米,从大渡河谷的泸定到贡嘎山主峰降水量有随高度的升高而增加的趋势,泸定631.8毫米,磨西1062.4毫米,3600米高处的冰川上

② 据成都地理所:《横断山气象资料》,1981年

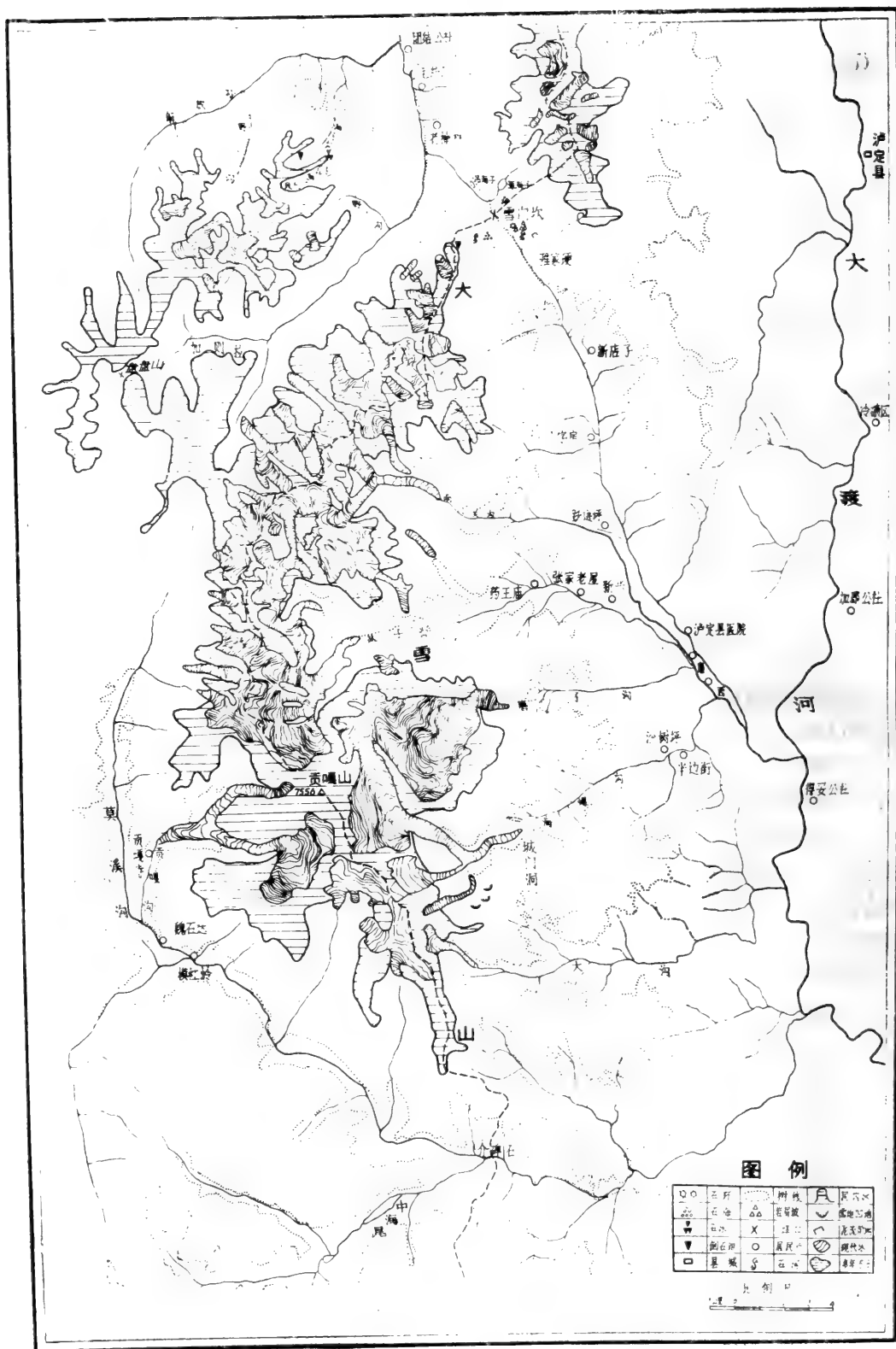


图20—2 贡嘎山多年冻土与冰缘类型分布图

降水量增至1250毫米，4000米以上的高度降水量可能更大。

表20—3 贡嘎山地区各坡向气象资料表

数 台 站	项 目 值	海拔高度	一月份平	七月份平	年 平 均	年 总 降	气 温 直	资 料 年 限
		(m)	均 气 温 (℃)	均 气 温 (℃)	气 温 (℃)	水 量 (mm)	减 率 (℃/100米)	
东 坡	泸 定	1320	6.2	22.8	15.4	631.8		60—79
	磨 西	1690	3.5	20.6	12.7	1062.4	0.7	78—80
北 坡	康 定	2610	-2.5	5.7	7.1	793.6		51—79
	新 都 桥	3460	-3.6	12.7	5.2	921.9		56—79
	折 多 山	4200	-6.7	8.3	0.8	856.0	0.6	
西 坡	九 龙	2987	0.7	5.1	8.8	884.3		54—79
	鸡 丑	4200	-10.0	8.1	1.6	/	0.6	78—80

以上资料表明贡嘎山地区受高度地带性的控制，山下亚热带，中山温带，高山寒带，而在高山寒带内则发育了规模巨大的海洋性现代冰川和高山多年冻土。

(二) 地形对高山冻土的影响

贡嘎山是大雪山脉的主峰，属横断山系的一个主要组成部分，山河排列和组合以南北走向，东西并列为主，地貌类型复杂多样。地势总趋势是自西向东降低，山峦起伏重叠，高差悬殊。大部分地区在海拔3500米以上，地貌类型主要为极高山、高山和高原及峡谷。南北走向的高大山脉破坏了纬度地带性规律，增大了垂直地带性，形成了贡嘎山地区的立体气候。山脉的南北走向和高大的山脊影响了东南季风、西南季风和高原季风的循环，导致了贡嘎山地区不同坡向上现代雪线及多年冻土下界高度的差异。由于东南坡受湿润季风气候的影响，使东南坡现代雪线降低至4700—5000米，多年冻土下界抬升到4900米左右。贡嘎山西北坡主要受青藏高原季风的影响，气候显得干冷，致使九海子地区多年冻土下界降到4600米。

(三) 雪线、冰川与高山冻土在分布上的关系

A.P.戈尔布诺夫^③认为气候的大陆性程度越高，多年冻土分布的下界与雪线距离越大。这一认识在我国天山地区和横断山地区已得到证实。在天山东部，气候干燥，温差大，冻土下界比雪线低1200米，大陆性较低的西天山二者相差900米^[2]。据本次贡嘎山的考察，东南坡的雪线高度在4700—5000米，多年冻土下界4900米左右，相差100米左右，现代冰川的冰舌伸到2880米的森林中。冰川冰舌末端比高山多年冻土下界低1900米，高山冻土分布在粒雪线附近的基岩裸露的山脊和高山坡地上。

③ A.P.戈尔布诺夫：《高山地区的多年冻土调查》，顾钟纬译《冰川冻土译丛》80年第1期

(四) 季节性积雪对高山多年冻土下界的影响

季节性的积雪提高了地表温度,减小了季节冻结深度。稳定的积雪形成愈早则保温作用愈显著,形成的愈晚则保温作用愈差。形成时间较早的稳定积雪及积雪厚度的增长与气温的降温过程同步发展。雪盖的保温作用明显地致使季节冻结深度减小。形成较晚的稳定积雪对其下覆土层表现为降温的作用。由于在整个降温过程中地表处于裸露状态,地气之间进行着直接的热交换,因此季节冻结深度增大。据统计资料表明贡嘎山地区在4000米的高度上稳定积雪期长达6个月之久,积雪深度多半大于30厘米。降雪一般开始于九月中,稳定积雪期10月至翌年4月。^①这样的积雪对地面起了保温作用,提高了地表温度,减小地表年较差,从而减小季节冻结深度,使多年冻土出现的海拔高度升高,气温降低。

(五) 森林植被与高山冻土分布的关系

多年冻土的形成不仅是大气圈和岩石圈热交换的产物,而且受到生态环境的影响。贡嘎山地区山高谷深,垂直气候带显著,森林植被和多年冻土均有显著的高度地带性。贡嘎山地区的原始森林处于亚热带气候基带内,森林上线在4000米,4000—4300米为高山亚寒带灌丛草甸带,4300—4500米高山寒带草甸带,4500米以上为高山寒冻疏草石漠带。高山多年冻土下界高于森林线600—900米。贡嘎山北坡九海子灌木林上线4300米,树种为高山柏、高山杜鹃、青杠等。多年冻土下界4600米,两线高差300米。东坡海螺沟灌木林上线4200米比多年冻土下界低700米。国外学者认为,雪线、多年冻土下界及森林分布上线三者关系为:在大陆性气候条件下多年冻土的下界与森林分布上线接近,与雪线距离增大;在海洋性气候条件下多年冻土下界与雪线趋于一致,而和森林上线距离增大。这在贡嘎山地区也得到证实:海螺沟受季风海洋性气候影响,冰川雪线和多年冻土下界一致,与森林上线距离增大;九海子受青藏高原季风影响,气候干冷,多年冻土分布下界4600米,灌木林上线4300米,两线较接近。

三、冰缘现象

贡嘎山地区现代冰川很发育。在现代冰川的外围广大冰缘气候区,发育了种类较多的冰缘现象,它们的分布也呈现出高度地带性规律。一般在高山脊的两翼寒冻物理风化和雪蚀作用强烈,形成雪蚀洼地、雪崩槽及石海、石冰川等;在山坡上形成岩屑坡、石条、石河;在山前缓坡和坡脚多形成倒石锥、泥流阶梯;在山间洼地,山前缓坡形成大小不等的石环、热融塌陷等。

(一) 石环

这是多年冻土区常见的一种冰缘现象,在季节冻土区也有发现,它是在低温环境下由融冻分选作用形成的,国内外已有不少对石环的研究报导。贡嘎山地区发育的石环从规模上讲是我国其它地区无法相比的。贡嘎山北坡雅家埂的石环群(照片版29—3),分

^① 据冰川冻土所王彦龙统计资料。

布在高山宽谷中。宽谷两侧山脊上有现代冰川和雪蚀地貌发育，冰川礫砾遍布宽谷。石环群面积有几百平方米，石环互套，最大直径可达20米，环内生长有莎草丛。石环多由直径50—80厘米的块石组成，环内地面低于石环外。宽谷中石环群由数个到数十个石环组成。它目前分布在季节冻土区内，是古石环，系过去气候的产物。说明过去气候比现代不仅温度低，而且更接近大陆性。在九海子4500米高处发育有单体石环，分布在冰碛物组成的宽谷中。石环内外均不长草，环外地表有几十公分的细砂，人踩后出水并陷入5—10公分；环内全为碎石组成，石环的中心部位有塌陷。石环直径3米左右（照片版29—3和31—10）。从附近试坑资料分析，它仍然发育在季节冻土内。

（二）石河及石条

石河及石条为一带状碎石体，宽窄不一，大小不等，往往垂直于等高线分布，在重力作用下沿山坡沟渠向下运动。其前段颗粒粗大，后部颗粒细小。最大石河长200米，宽10—20米，它是寒冻风化及冻胀作用的综合产物。在雅家埂、九海子及雀儿山等地普遍发育（照片版30—4、5、6）。

（三）石冰川

石冰川是寒冻、雪蚀、冰劈作用下的形成物。形态象舌状和树枝状的块石堆碛体，源头较高，舌部较低，形成运动状，形象小冰川，一般块石中有冰体存在，故名石冰川。我们这次在贡嘎山九海子所见到的石冰川发育在平顶的小山头上，从山顶延伸到坡脚，三面山坡被石冰川覆盖，形成半覆盖式石冰川。石冰川分布高度4500—4400米，长100—200米，宽几十米到200米。石冰川物质由棱角状的块石组成，岩性为单一的黑云母花岗岩，块石来源于当地基岩经寒冻雪蚀作用，未经搬运和分选。石冰川舌前端有2—3级垄岗，高1—2米，垄岗有相互超覆的现象，说明正在活动。从表面块石缝隙中观察未见冰露出，是否下部有冰未作解剖。另据成都地理所报导，在贡嘎山西坡4100—5000米的古冰斗、古冰川槽谷内发育有不同的阶梯，不同规模的17条石冰川。考虑到该区冰川正处于退缩状态，石冰川数量又很多，有可能存在冰核石冰川和无冰核石冰川两种类型。这些石冰川的存在，对古冰川的规模、古雪线的高度及古冻土的研究提供了科学依据（照片版31—7）。

（四）岩屑坡

贡嘎山地区山高、谷深、坡陡，寒冻风化作用强烈，是岩屑形成的有利条件。岩屑坡多发育在坡度为30度以上的向阳坡上。高山脊在冰雪作用下，岩体大量崩解下移，以及山坡本身基岩受寒冻风化作用，致使整个山坡岩屑遍布，形成岩屑坡。贡嘎山4000—4700米的山坡上普遍发育了岩屑坡和岩屑锥（照片版31—8、9）。

（五）泥流阶地

泥流阶地是缓坡表面松散物质被冰雪水湿润饱和，在冻融作用下沿山坡缓慢蠕动造成的波状起伏的垄岗形态。它的组成与河流阶地不同，大小物质混杂胶结没有任何层理和秩序。在贡嘎山北坡雅家埂、大营盘4000米的平缓山坡上发育了3—4级泥流阶地。

在贡嘎山现代冰川的外围形成了各种类型的冰缘现象，目前大部分都分布在多年冻土的下界附近和更低的地段。

四、小 结

(1) 贡嘎山为我国亚热带海洋性冰川最发育的地区之一, 现代雪线高度为4700—5200米。高山多年冻土分布下界高度分别为: 北坡九海子4600米, 东坡海螺沟4900米左右, 西坡贡嘎寺后山为4700米左右。

(2) 贡嘎山地区山高、谷深、坡度陡、垂直气候带谱完整, 高度地带性控制了高山多年冻土的发育。

(3) 贡嘎山高大山脊, 影响了各类季风的循环, 致使贡嘎山东南坡主要受季风海洋性气候的影响, 现代雪线高4700—5000米, 冻土分布下界高度4900米, 森林线高度为4200米。西北坡主要受青藏高原季风的影响, 多年冻土的下界为4600—4700米, 森林上线为4300—4400米。

(4) 雅家埂巨型古石环的存在, 说明末次冰期气候干冷, 大陆性程度高, 当时多年冻土曾一度发展。多年冻土下界可能到达4000米以下的地区。

参 考 文 献

- [1] 藤井理行: 《北半球山岳永久冻土的分布 环境条件》, 于《雪冰》第42卷第1号(1980年3月), 41—52页。
- [2] 邱国庆等: 《我国天山地区多年冻土分布特征》于《全国第二届冻土会议论文集》1981年。

ALPINE PERMAFROST IN GONGGA SHAN: DISTRIBUTION AND RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENT FACTORS

Li Shude Yao Heqing

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

Abstract

Gong Ga Shan, the summit of Da Xue Shan mountains, is situated between the southeast edge of Qinghai-Xizang plateau and the north end of Heng Duan Shan mountains. The climate base zone of the southeast facing slope is a dry-torrid valley with the subtropics climate, whereas a sold-temperate plateau climate predominates in the base zone on the northwest facing slope. Numerous oceanic-warm glaciers and alpine permafrost have developed in the above mentioned climate base zones. Field investigations show that the lowest boundary of permafrost in the east facing slope is 4900 meters above sea level, where annual mean air temperature is -4.9°C . The lowest boundary of permafrost in Jiu Hai Zi of the north facing slope is 4600 meters above sea level, but it is 4700 meters above sea level in Gong Ga temple that lies in the west facing slope. Annual mean air temperature

of the former is -3.2°C , while that of the latter is -3.7°C . permafrost in this region has the following features;

(1) The lowest boundary of permafrost agrees approximately with the snow line.

(2) Ground temperature at shallow layer is relatively high, about -0.3°C at depth of 3.0 meters.

(3) Depth of seasonal thaw is large, usually 3—4 meters.

(4) The types and structures of the frozen ground are very complex. Three types may be divided, instantaneous, seasonal and perennial.

The run from south to north of Heng Duan Shan mountains controls the circulations of the southeast, southwest and plateau monsoon, leading to the difference of conditions of moisture and heat between the southeast and northeast facing slopes. As a result, marked difference exists in distribution elevations of snow line, permafrost lower limit and timber line between the southeast and northwest facing slopes.

Frost weathering and nivation are dominant in the recent periglacial processes and rock glaciers. Nivation hollows and debris slopes are also widely distributed in this region.

The existence of fossil stone circles in Ya Jia Gen (diameter of 20 meters) indicates the cold and dry climate of this region during the late glacial epoch when the lowest boundary of permafrost might be below 4000 meters.

21. 浅谈中甸地区的植被区域界线问题

刘伦辉 余有德

(中国科学院昆明生态研究室)

中甸高原位于沙鲁里山脉南缘, 青藏高原东南部。大致从 27°N 开始, 沿金沙江北上到达 28°N 左右地段, 东经 $99^{\circ}00' - 100^{\circ}10'$, 处于金沙江作第一次大转弯所形成“V”形地势包围之中, 我国青藏高寒植被区与亚热带常绿阔叶林区的交接地带。因此研究这一地区植被的特点与分异, 从而探索这两大植被区域固有的特性, 从中具体确定区域界线, 正是本文谈论的中心议题。

文章从地区性生境条件出发, 应用南北植被的分异, 讨论了两大植被区域在植被类型与分布方面的规律, 以及利用这种规律进行实地区界的划分。

一、中甸地区植被发育的自然环境条件

中甸高原属青藏高原的东南缘部分, 内有金沙江环绕, 河谷沿构造线下切很深, 高原面在海拔3100—3400米, 下切河谷在2000米左右, 山地海拔多不超过4000米。按照大面积平缓坝区为基准面, 高出这个基准面者称山地, 并具有坡度平缓, 气温低, 雾日多, 湿度大, 光照少等特点, 适宜于寒温性常绿针叶林发育。而低于这个基准面以下称为下切河谷, 具有干燥少雨, 坡大土薄的生境条件, 为灌丛和疏林所占据。

按照上述地形组合的特点, 依据各气象要素随海拔高度有规律变化的实事, 这里分别选用中甸气象站、丽江石鼓水文站、德钦奔子栏水文站的记录资料, 从中分析对植物生长发育有直接影响的水热因素差异, 见表21—1。

其中处于金沙江南段的石鼓地区, 位于 $100^{\circ}02'\text{E}$, $27^{\circ}02'\text{N}$, 海拔1870m, 年平均气温 14.9°C , 年雨量760mm, 其中6—9月每月的雨量超过100mm, 相反蒸发量在1130mm, 大体为降雨量的1.5倍, 成为一种四季温和, 常年无夏的半干旱地带。

奔子栏位于金沙江北段, 纬度大体较石鼓北移一度($28^{\circ}07'\text{N}$), 经度向西移一度多($99^{\circ}17'\text{E}$), 海拔上升230m (2100), 年平均气温 16.2°C , 较南部石鼓地区高 1.3°C , 降雨量仅为石鼓地区的40%, 且7、8两月降雨又占全年65—70%, 相反蒸发量几乎相当于石鼓地区的两倍, 从而形成该地区年蒸发量相当于年降雨量的6.8倍, 成为云南省干旱少雨的极点中心地区。

沿上述两地分别向北和向东南为中甸高原, 其海拔上升到达3270m的中甸站, 年平均气温仅 5.2°C , 其中12—2月为负值, 年雨量584.2mm, 6—9月几乎占年雨量80%, 但有雾日数多, 气温较低, 蒸发量小, 形成一种冬冷夏凉湿润的高寒气候类型。

下面按照生物气候带划分，可以将这一地区分为如下类型：

表21—1 小中甸地区各代表台、站主要气象要素统计表

站名	地理位置		东经		北纬		海拔(m)		位置					
中甸	99°44'		27°50'		3276		位于中甸高原面上							
丽江石鼓	100°02'		27°02'		1870		位于金沙江河谷南段							
德钦奔子栏	99°17'		28°07'		2100		位于金沙江河谷北段							
站名	月份												年平均	资料年代
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
气温(°C)														
中甸	-3.6	-1.8	1.5	4.7	9.7	12.2	13.1	12.6	11.0	5.1	0.4	-2.8	5.2	65—69年
石鼓	6.8	9.0	12.1	16.6	19.7	20.9	21.3	20.3	19.1	15.7	9.8	7.0	14.9	63—65年
奔子栏													16.2	
降雨(mm)														
中甸	6.4	9.2	12.2	22.3	22.9	90.2	153.5	146.0	73.2	33.6	4.4	10.3	584.2	65—69年
石鼓	2.3	10.0	8.6	16.6	36.2	113.7	189.3	229.1	107.7	37.3	3.0	6.4	760.1	65—69年
奔子栏	2.7	4.3	2.4	4.9	5.9	35.7	95.5	104.3	24.5	15.2	0.2	3.8	299.5	65—69年
蒸发量(mm)														
中甸														
石鼓	71.2	73.9	97.9	107.4	138.6	120.6	112.2	105.5	87.1	81.4	68.2	63.0	1130.0	65—69年
奔子栏	114.7	105.2	154.6	193.3	251.9	273.3	210.8	157.8	196.0	176.7	109.4	82.2	2025.9	67年

半干旱温暖的常绿阔叶林气候：这种气候类型出现在金沙江南段2000m以下的河谷地区。大致年平均气温14—15℃，年雨量760mm，年蒸发量为年雨量的1.5倍，也有谷风和焚风效应的影响，造成谷内气温较高，降水不足，成为一种夏季温暖，冬春干燥的气候类型。原生自然植被——常绿阔叶林已很难见到，代之而起的是大片的河谷灌丛与云南松疏林。农作一年两熟，前作为小麦，后作多以玉米、水稻为主，局部地区还可以

种植甘蔗、柑桔、芭蕉等。

湿润温凉的针阔叶林气候：主要指本区南段2000—3100m，河谷地带向中甸高原过渡的范围，年平均气温10℃—12℃，且变化不太剧烈，常年温暖无夏，干湿交替明显。常发育成山地常绿阔叶林和温性常绿针叶林。农业生产是一年一作或两年三作地区，主要以玉米、马铃薯为主，水稻已不能正常生长。

潮湿寒冷的常绿针叶林气候：在整个中甸高原区，海拔3100—4100m的范围都属于此类型。年平均气温5℃左右，且11—2月平均温度在0℃以下，年雨量500—600mm，以冷湿多雾为特点。现存植被多为云杉、冷杉密林和次生类型。农作一年一熟，除青稞、小麦之外，主要是森林资源和大面积牧场，是云南重要的放牧基地之一。

干旱燥热的小叶灌丛气候：基本上只分布在中甸区北段，海拔3100m以下广大河谷地区。那里由于切割深，地势窄，相对高差1000m以上，形成谷风显著，焚风明显的特异地段；再加上年降雨量多在300mm以下，有的年份仅100多毫米，且80%集中在7—8两月降下。相反年蒸发量却达到2000多毫米，大体相当于降雨量的6.8倍，造成在这一地区早期之长，旱情之重近乎于沙漠地区。因此，中生性草本植物难以生长，肉质耐旱植物也较少，只能生长某些木质化的细叶型矮小灌木，从而组成一种特殊的干旱小叶灌丛。

二、植被的垂直带特点与分异

在上述地型和气候影响之下，表现在自然植被分布方面突出为南北差异极大，垂直分带明显。现以中甸下桥头到小中甸天宝山，德钦奔子栏到中甸石卡山的植被垂直分布，分别代表中甸地区南段和北段的具体植被状况，并以此作成模式分带图，如图21—1。

从中可以明显看出，两地带谱的主要差别，基本上出现在3100m以下的河谷地带，至于高原面以上的山地，几乎都是云杉、冷杉和高山灌丛、草甸所覆盖，只是海拔高度有由南向北逐步增高的趋势。下面按照带谱类型，分别简述如下：

（一）高寒灌丛草甸带

指树木生长线以上有植物生长的地区，海拔3900—4400m，这一带生境往往是坡缓，碎石多，气候变化剧烈（气温低，昼夜温差大，积雪期长），植物生长期短暂，因而生长的植物都是些耐寒，耐生理干旱（植物体矮小，成丛生长）的灌木和草本植物，高度30—50厘米，实际盖度80%左右。主要的灌木种类有樱草杜鹃（*Rhododendron Primulaeflorum*），雪层杜鹃（*Rh. nivale*）和高山柳（*Salix sp.*）等，草本植物以蒿草（*Combesia Pygmea*），高山蓼（*Polygonum sp.*）等常见，它们可以分别占优势或混交成群，多数情况是以单优群落而镶嵌存在。又由于它们的花期不长，每个种开花时期和颜色不大一样，从而形成高山上夏季五彩缤纷的季相变化特色。

流石滩植被是高山地带一种特殊植被类型。是由于高山气温变化剧烈，而岩石又是暴露在大气之中，造成岩石碎裂，碎块向低凹处流动堆积，如此年复一年的反复进行，形成地表有一层极不稳定的滚动流石。一般植物难于生长，唯有那些可随砾石层厚度而

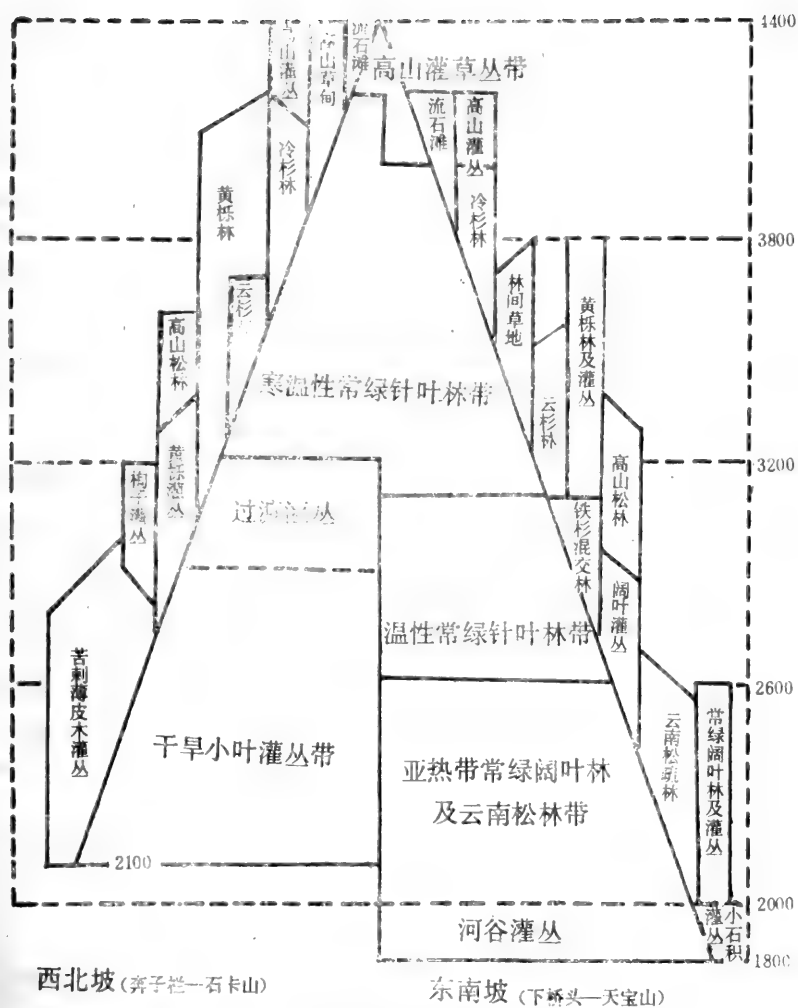


图21—1 中甸地区植被垂直带分布示意图

变化植物体高的深根性草本植物，可以星散生长，其总盖度常在1%以下。这样的植物具有根粗，叶少，柄长的生态习性。据记载全部植物种类不到20种，常见种类有紫堇 (*Corydalis* spp.)，梭沙贝母 (*Fritillaria delavayi*)，绿绒蒿 (*Mecolopsis lancifolia*)，矮韭菜 (*Allium humile*)，马先蒿 (*Pedicularis* spp.)，唐松草 (*Thalictrum* sp.) 和十字花科、石竹科的一些植物。

(二) 寒温性常绿针叶林带

广泛分布在中甸区3200—4100m的高原和山地，大体向上到达森林分布上线，下部与夏季云雾线相吻合。其生境特点为冬半年冰雪封山，夏半年云雾笼罩，形成一种典型的寒冷潮湿的生态环境，植被多为耐寒喜荫种类所形成单优密集的森林群落。这里按照树种种类的不同，可以分成两种类型。

冷杉林：分布在3600m以上的广大山地，成环带状出现。在自然植被带中占有十分

显著地位，并具有林带完整，林相整齐，资源丰富等特点。这一带的冷杉林，多以长苞冷杉 (*Abies georgei*) 占绝对优势，仅在3800m以下掺杂少量的中甸冷杉 (*A. ferreana*) 和川滇冷杉 (*A. forestii*)。这种森林具有植株密集，枝叶茂密，树木高度随海拔增加而降低，树冠塔形，林冠暗绿，群锥耸立，很远就可以识别。在暗绿色林海中，时而出翠绿色斑点，那就是大果红杉 (*Larix pataninii* var. *macrocarpum*)。林下常有各种杜鹃和苔藓，从而构成冷杉林中的乔木，小乔木和地被层。特别在3800m以下的低海拔地段还有密集的箭竹 (*Sinarundinaria* sp.) 灌木层出现。

云杉林：紧接冷杉林之下，大致海拔3500—3600m，总有一段云杉、冷杉混交的过渡地段。其混交的个体数量，向上总是以冷杉多于云杉，向下则恰好相反，总是云杉多于冷杉，从而形成大自然中逐渐过渡的实事。直到3500—3200m基本上就是云杉纯林带了。这一带的云杉以油麦吊云杉 (*Picea brachytyla* var. *complanata*) 占绝对优势，仅在低处有个别丽江云杉 (*P. likiangensis*) 混杂。云杉林在群落结构上，较冷杉林具有树木高大，小枝下垂，枝叶疏散，林冠多呈圆锥形，色调较淡。再加上满树枝垂挂灰白色松果 (*Usnea longissima*) 更显示出林冠灰绿，植体林立的特异景观。一般在航片上或远景中都易于与冷杉林相区别。这里的云杉林，上层树种虽然很单一，但次层阔叶树却比较丰富，一般向阳坡面常有硬叶常绿栎类的黄背栎 (*Quercus pannosa*)，在林内大量混生，有时还独成纯林，云杉仅孤立高耸在密闭林冠之中。在阴向坡上，则又有多种落叶阔叶树 (*Betula*, *Acer*, *Acanthopanax*)，在林下形成显著的结构层次，占据15米左右的空间，从而把阴阳坡面区分得十分明显。林下大多数情况有密生箭竹层，仅在个别平缓山丘不见竹层生长。因而林业部门通常称这一带为箭竹云杉林。

总之在这一带高度范围内，除森林之外，还有成块状的林间草地生长，也有不少的次生高山松林和灌丛。农作有少量的青稞、蔓青、洋芋生长。这也是当地冬季重要牧场之一。

(三) 温性常绿针叶林带

大体分布在中甸区南段海拔3100—2700米，是亚热带常绿阔叶林逐步向寒温性常绿针叶林过渡的实体。由于占据带幅较宽，又具有某些特殊种类和群落结构特征，因而独立成带，对认识亚热带高山植被的特点是有好处的。

本带森林的基本特点，是种类成分丰富，群落结构复杂。上层大树常由云南铁杉 (*Tsuga dumosa*)，华山松 (*Pinus armandii*)，丽江云杉等，喜欢温凉、潮湿气候的常绿针叶树为主，占据森林的最上层。它们时而组成小块纯林，时而又混交成林。林下总有一个由多种落叶阔叶树 (*Betula*, *Acer*, *Tilia*) 为主的阔叶林层，在高度上仅能达到上层树高的三分之二到二分之一，其实际覆盖度随上层大树之郁闭度而异，有时可以超过上层大树之覆盖度。因此有人称为针阔叶混交林。但我们认为，常绿针叶树处于最上层，阔叶树只能在低得多的林下生长，两者并非处于同一高度内混交，而是成为不同层片的结构组合，正是本带森林突出的特点，也是我国季风亚热带高山植被垂直带的显著特征。

这个高度范围内耕地较多，农作以玉米、小麦、洋芋、苦荞为主，是一年一熟或两年三熟的农业地段。

(四) 亚热带常绿阔叶林与云南松林带

作为自然植被带, 仅出现在中甸南段2600米以下的范围。以具有气候温和, 雨水较多, 适宜于常绿阔叶树木生长。但长期以来人烟密集, 人为活动频繁, 造成原始的森林植被极少见, 代之而起的是农地, 次生灌丛, 草坡和云南松疏林。真正原有的常绿阔叶林, 仅在某些陡山坡或多石的凹沟尚有零星残存, 或在某些无水源灌溉的平缓山坡成萌生灌丛出现。除此以外广大的干燥山地多为云南松或红栎疏林。

常绿阔叶林: 作为常绿阔叶林成分的代表树种, 常随不同小环境而其优势种类有一定的变化。一般在湿润的沟边, 坡脚多以白栎 (*Castanopsis delavayi*) 占优势; 干燥而向阳山地则红栎 (*Cyclobalanopsis delavayi*) 可以成纯林, 或与云南松混交成林; 但在个别多石的箐沟, 则青岗 (*C. myrsiaefolia*), 甜茶 (*Lithocarpus hypoglauucus*), 滇石栎 (*L. dealbata*), 可以组成密林; 在石灰岩山地青香木 (*Pistacia weinmannifolia*) 常见。农作年可两熟, 前作以小麦较多, 后作主要是水稻、玉米和豆类。

小石积扭黄茅灌丛: 大约在2000米以下的地段, 沿金沙江两岸分布, 生境比较干热, 致使原有阔叶森林植被恢复比较困难, 常成为一种次生灌丛草地出现。植株一般高度1—2米, 盖度80%以上, 其中代表性植物种类为扭黄茅 (*Heteropogon contortus*), 香茅 (*Cymbopogon distans*) 等。常见的树木有云南松 (*Pinus yunnanensis*), 栓皮栎 (*Quercus variabilis*), 柳树 (*Salix sp.*) 等。灌木有小石积 (*Osteomeles schweriniae*), 栒子 (*Cotoneaster sp.*), 小铁子 (*Myrsine africana*), 管花木犀 (*Siphoanthus delavayi*) 等。反映在河谷植被中又有大量滇中高原的成分出现。

云南松林: 成林分布在海拔1900—2400米范围, 一般江边两岸多呈分散存在。云南松林在低热河谷内总会呈现树杆基部扭曲, 林下空旷的特点, 唯高海拔山地才会有树杆通直, 林貌茂密的森林。大致在2000米以下的云南松林, 不但树杆弯扭, 分布稀疏, 而且总有某些阔叶树混杂。如低平地有栓皮栎混生, 干旱阳坡有红栎混交, 无论是哪种地段的松林, 林下总有滇中常见的野把子 (*Elsholtzia rugurosa*), 小铁子等混生。从而形成与滇中高原相联系的植被类型。

(五) 河谷干旱小叶灌丛带

分布在中甸地区北段, 海拔3200米以下的江河两岸, 生境特点是高山坡陡, 雨水少而集中, 土壤瘠薄, 水土流失严重。土壤干旱与大气干旱都十分突出, 其严重程度使一般中生植物无法生存, 只有那些具有抗旱结构与形态矮小多刺灌丛方能长期生存。其中按种类组成与群落特点可分为两类群落。

苦刺薄皮木灌丛: 分布在2800米以下, 由一些典型的干旱小叶灌木组成, 高度在一米以下的稀疏灌丛, 总覆盖度在50%以下, 有时仅20—30% 这类群落, 由于水分供给期短促, 全部植物的抽枝、发叶、开花、结果都在7—9月的100天之内完成, 所以也只有这段时间才显示出一点绿色, 其余的全部时期总是一片焦枯景象。再加上过度的放养山羊, 植物体上的花, 果, 叶总是很少的。组成这一群落的主要植物有苦刺 (*Sophora vicifolia*), 小叶羊蹄甲 (*Bauhinia faberi var. microphylla*), 小叶牡荆 (*Vitex negundo var. microphylla*), 木兰 (*Indigofera lenlicellata*), 鼠李 (*Rhamnus sp.*), 薄皮木 (*Leptodermis microphylla*), 雀梅藤 (*Sageretia horrida*), 矮迎春

(*Jasminum nudiflorum*)，土沉香 (*Excoecaria acerifolia* var. *gennina*) 等各种灌木混合组成群落，或以某 1—2 种植物占优势组成小群镶嵌分布，丛间裸地常有一种久死还魂草 (*Selaginella tamariscina* var. *pulvinata*) 生长，这对于水土保持起着积极作用。

小叶栒子帚菊灌丛：紧接着苦刺，薄皮木群落之上，大体分布在海拔 2800—3200 米范围。具有生境干旱而温凉，但上部多有森林水分向下渗透作保证，显示出水分供给较下部有所好转。植物种类组成虽然较为相似，但植物体增高，叶片变大，草本植物显著增加，群落盖度也明显增大，还具有某些特异适应温凉干旱环境的代表种类出现。常见有小叶帚菊 (*Pertya phyllocoides*)，小叶栒子 (*Cotoneaster acuminatum*)，滇虎榛 (*Ostryopsis nobilis*)，醉鱼草 (*Buddleja cayopteridofolia*)，六道木 (*Abelia buddleioides*) 等。同时还散生有红杉，黄背栎，高山松 (*Pinus densata*) 等乔木树种。从而完成由于干旱小叶灌丛直接向云、冷杉林或黄栌林过渡，成为一种由灌丛到森林的过渡典型。

三、植被区域界线的分异

过渡地带的植被，是有许多左邻右舍的植物种类在一起混杂出现的。现以优势的森林植被—寒温性常绿针叶林为例，这里组成森林的主要种类是长苞冷杉和油麦吊云杉。而混杂在林中的相似种类，除分布比较局限的中甸冷杉 (*Abies ferreana*) 之外，也有分布中心偏北的川滇冷杉 (*A. forrestii*)，丽江云杉 (*Picea likiangensis*)。还有现

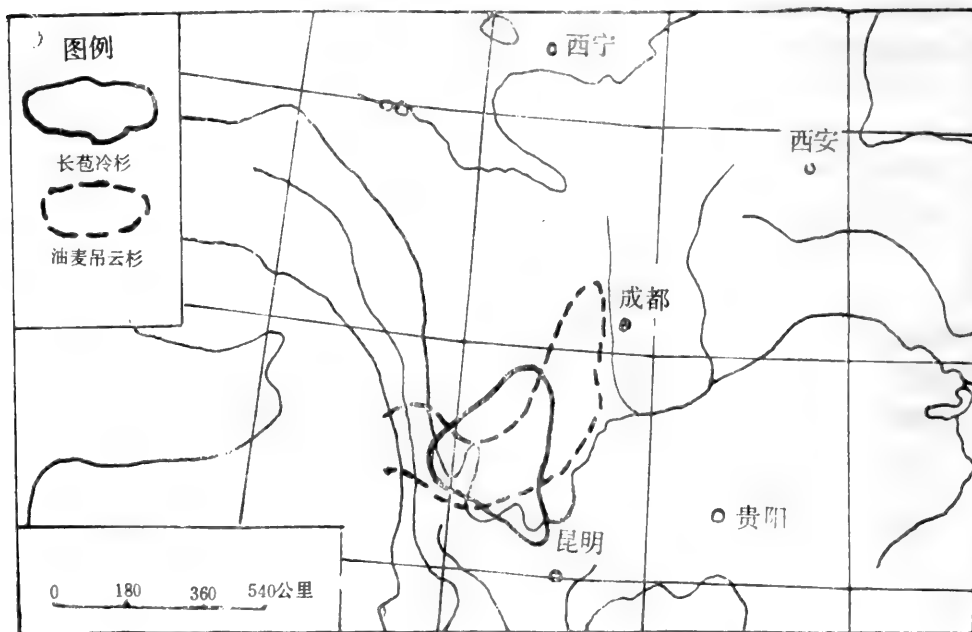


图21—2 中甸高原杉树分布图

代分布中心偏南的云南黄果冷杉 (*Abies ernestii* var. *saloenensis*)，苍山冷杉 (*A. delavayi*)，云南铁杉 (*Tsuga dumosa*)，以及主要分布区在藏东南的林芝云杉 (*Picea likiangensis* var. *linzhiensis*) 等，在这一带都或多或少有出现。作为中甸地区显示优势的长苞冷杉 (*Abies georgei*) 和油麦吊云杉 (*Picea brachytyla* var. *complanata*) 的现代地理分布中心确又是在川西南和滇西北横断山区。如图21—2。因此可以设想，把这类森林的成片出现，作为横断山区两大植被区域的过渡地带看待是可能的。

当优势的森林植被性质定论之后，将进一步讨论在过渡地段上，两大植被区域在中甸地区的具体分异，归纳起来有两点。

第一，基带植被的不同。属于南段的巨甸，石鼓，桥头一带，应归属亚热带常绿阔叶林区。大体在2000米以下，雨水较多，干湿季分明，是一种干热的河谷气候类型。主要植被为扭黄茅、栲子、小石积、管花木犀等组成的次生密灌丛草地。有时也有云南松 (*Pinus yunnanensis*) 和某些常绿阔叶树木出现，甚至在较高海拔 (2600米以下) 还保存有常绿阔叶林或它的萌生灌丛，或云南松林。而本区北部则属于青藏高原高寒植被区。具有河谷窄，雨水稀少，谷风、焚风影响严重，干旱十分突出。基带植被都是以苦刺、小叶羊蹄甲、小叶牡荆、木兰、薄皮木等组成的矮小灌丛。其叶片细小，植物体多刺，分布疏散的干旱小叶稀疏灌丛。

第二，植被带谱组成的差异。首先南段较北段的带谱复杂多样，南段总有一个属亚热带常绿阔叶林类型存在，由此向亚高山寒温性常绿针叶林过渡，是通过以铁杉、华山

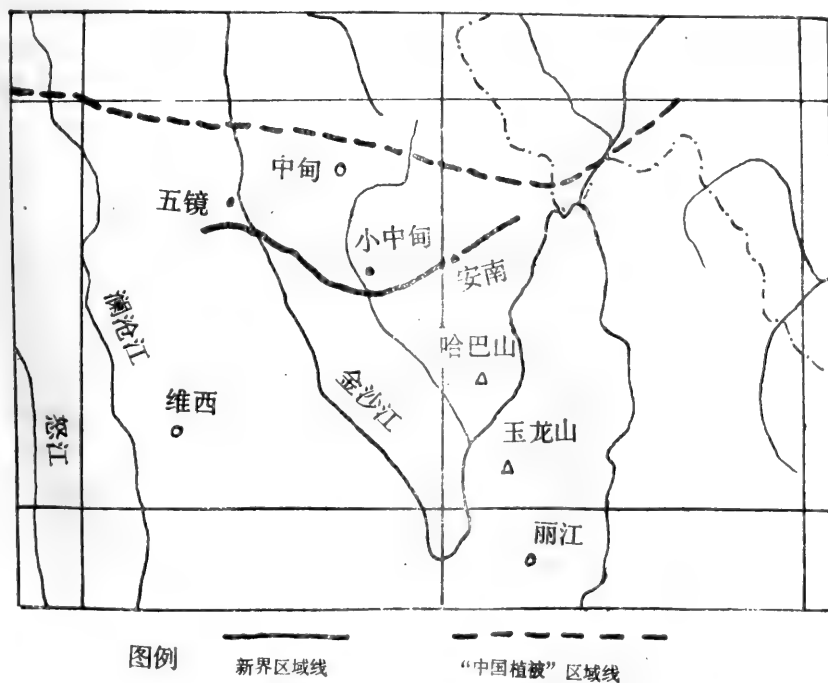


图21—3 中国青藏高原高寒植被区域与亚热带常绿阔叶林区域在中甸地区的分界线图

松 (*Pinus armandii*) 及丽江云杉为代表的温性常绿针叶林而逐步实现的; 北段下部不但缺乏亚热带森林植被, 大约有1000米的垂直带河谷地段, 都是干旱小叶疏灌丛所占据, 由此向寒温性常绿针叶林过渡, 是通过温性灌丛中散生红杉、云杉或黄栌、高山松而逐步实现的。总之中甸南北两植被带谱的差异, 主要表现在高原面以下的河谷地段, 而到达高原面以上的山地植被, 其带谱组成大同小异, 只是各类植被有由南向北逐渐提高的趋势。按现实状况, 大面积的云杉、冷杉各占有400—500米的垂直带幅度; 大致北部较南部每个类型分别顺序提高100—200米; 甚至再往北去, 云、冷杉就只能混合生长, 分布在3300—4200米的范围, 从而把带谱组成更加简化。高山灌丛草甸总是分布在森林线之上, 其分布高度随不同地点有较大差异。特别是天宝山, 由于基岩影响, 山峰孤立, 流石滩特别发育, 从而影响到灌丛、草甸很不发育, 而流石滩植被可以下延到3600米的冷杉林之中。相反中甸石卡山又是灌丛、草甸更为突出。

根据上述南北两地植被特点与差异, 我们按照基带植被和向寒温性常绿针叶林过渡类型的不同, 大体可以把青藏高原高寒植被区与亚热带常绿阔叶林区在这一带的分界线, 初步确定在五镜 (德钦), 土官和安南 (中甸县) 一线, 如图21—3。

主要参考文献

1. 中国植被编辑委员会 (1980): 《中国植被》第三篇, 第21章和25章, 科学出版社。
2. 管中天 (1981): 《四川松杉类植物分布的基本特征》, 于《植物分类学报》卷19 (4): 393。
3. 云南大学生态地植物室、云南植物所 (1973): 《云南西北部中甸县哈巴雪山地区森林植被的初步研究》

THE BOUNDARY PROBLEM OF THE VEGETATION REGION IN ZHONGDIAN DISTRICT

Liu Lunhui Yu Youde

(Kunming Laboratory of Ecology, Academia Sinica)

Abstract

The Zhongdian district is situated at about 27°—28°N. It is the transitioned zone between the region of subtropical evergreen broad-leaf forests and the region of high-cold vegetation in Qinghai-Xizang Plateau of China.

In this paper, the authors mainly discussed the boundary and characteristics of the vegetation showing two great regions in the Zhongdian district. According to the patterns of the difference of the vertical zonations and the basic zone of the vegetation, the boundary of two great region is identified in a line of Wujing, Tuguan and Annan. Thus, the region boundary of original "Chinese vegetation" is nearly removed 100 kilometres toward the south.

22. 云南横断山区森林植被分布与水热因子相关的定量化研究*

李文华 冷允法

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

胡 涌

(北京林学院)

引 言

在青藏高原的东南缘,并列着一系列纵贯南北且平行排列的雄伟山脉,这就是举世闻名的横断山脉。横断山不仅以其山高谷深,自然条件独特著称于世。同时,也因其生物区系复杂,植被类型繁多而被誉为植物王国,早就吸引了国内外学者的密切关注。

我国老一辈的科学家们,早在解放前就曾在这一地区进行过多次科学调查⁽¹⁾⁽²⁾,并将其研究成果发表在最初的一批考察报告中⁽³⁾⁻⁽⁶⁾。

解放以来,有关单位加强了对横断山脉森林植被的考察和研究工作,积累了较为丰富的资料⁽⁷⁾⁻⁽¹⁹⁾。

然而,总观过去的工作,主要存在以下几方面的弱点:

(1) 大部分研究者把注意力集中在具体地点植被垂直带的划分和植被类型的描述、记载上,对这一地区森林植被分布的总体规律讨论不多。

(2) 研究工作互不衔接,有些地区重复进行工作,有些地区仍系空白,缺乏系统的归纳总结。

(3) 对植被分布与水热因子的关系限于定性讨论,未进行定量研究。

基于上述情况,这次科学院青藏高原科学考察队到横断山地区进行的科学考察中,决定全面地收集和综合前人在云南横断山区进行调查的资料,并对部分地区进行补充考察。在此基础上对滇西北的植被垂直分布进行归纳和整理,找出本区植被分布的规律;然后,利用数理统计的方法,研究水热因子空间变化的规律;最后,综合上述两项结果,建立植被分布与水热因子相关的定量化模型。

一、云南横断山区原生植被分布的基本格局

本区由于岭谷相间,北高南低,基点海拔相差很大,水平基带难以确定。植被分布

* 本文在计算过程中得到周沛村和齐文虎等同志的协助,特此致谢。

的规律, 只能通过对不同地区垂直带的结构, 以及同一种植被带, 在不同地点出现的垂直高度进行比较才能发现。

过去的文献中, 对本区不同地点的垂直带谱进行过一定的记载。仅据初步收集, 本区已有报导的垂直带至少就有28处之多, 但这些垂直带的绘制标准是很不统一的。表现在: ①不同作者绘制垂直带时采用的分类系统和等级不同, 命名标准也不同。②垂直带一般是按现实植被的实际分布来绘制的, 其中既包括与水热因子关系明显的原生植被, 又包括在人为严重干扰后出现的派生和人工植被。③绘图时采用的繁简和格式不同。

上述原因, 对了解本区植被的分布规律增加了困难。为此, 根据我们实际考察中, 对植被演替规律的了解和有关文献资料, (7)-(19)将研究地区的原生植被归纳为十七个类型。

(1) 干热河谷灌丛草丛 (2700米以下)

分布于本区金沙江、澜沧江及其支流的河谷底部。主要特征是: 以肉质、有刺和小叶具毛的灌草丛为主。常见的优势植物有余甘子 (*Phyllanthus embelica*)、坡柳 (*Dodonaea viscosa*)、白刺花 (*Sophora vicifolia*)、小石积 (*Osteomeles schwerinae*)、芸香草 (*Cymbopogon*)、十大功劳 (*Mahonia fortunei*)、清香木 (*Pistacia weinmannifolia*) 等种, 表现出喜温暖和干旱的植被景观。

(2) 准热带山地雨林 (1000米以下)

属于亚热带山地季风常绿阔叶林向热带山地雨林过渡的类型。分布在本区高黎贡山西坡和独龙江河谷1000米以下, 受西南季风影响最大的山地上, 是本区内生境最为湿热的一类森林。主要由无患子科 (*Sapindaceae*)、番荔枝科 (*Annonaceae*)、使君子科 (*Combretaceae*)、梧桐科 (*Sterculiaceae*)、橄榄科 (*Burceraceae*) 等树种组成, 混有少量亚热带和热带核心成分。目前原始林多数已被破坏。

(3) 准热带季雨林 (1000米以下)

分布于准热带山地雨林以下, 偏干热的河谷或盆地边缘。森林内落叶成份占一半左右。主要由楝科 (*Meliaceae*)、桑科 (*Moraceae*)、木棉科 (*Bombaceae*)、梧桐科 (*Sterculiaceae*)、四数木科 (*Tetrameleaceae*) 的一些准热带成份组成多种森林类型。在干季叶子往往脱落一段时间, 到雨季来临时, 又恢复翠绿的外貌。

(4) 亚热带山地季风常绿阔叶林 (1000—1800米)

主要分布于怒山分水岭以西的山地下部。森林上层以栲属 (*Castanopsis*)、石栎属 (*Lithocarpus*)、木荷属 (*Schima*)、柃属 (*Anneslea*) 及樟科中一些喜暖的树种为主。

(5) 思茅松林 (1000—1600米)

本区的南端是思茅松 (*Pinus khasya*) 林分布的北界。即在N26°以南的干旱、立地条件差的低山上, 思茅松常与云南松 (*Pinus yunnanensis*) 交错分布成较稳定的群落。

(6) 山地半湿性常绿阔叶林 (1800—2500米)

分布于本区滇中高原宽谷盆地四周的低山丘陵上, 是亚热带山地北部的地带性植被类型, 生境较湿性常绿阔叶林偏干, 群落组成较单一。在不同立地条件下, 上层分别由

滇青冈 (*Cyclobalanopsis glaucoides*)、元江栲 (*Castanopsis orthaeantha*)、高山栲 (*Castanopsis delavayi*)、黄毛青冈 (*Cyclobalanopsis delavayi*) 等, 形成较单一而优势种明显的群落, 林内混有一定数量的落叶树成分。

(7) 云南松林 (1600—2800米)

分布于滇西北全区, 同半湿性常绿阔叶林相比, 云南松 (*Pinus yunnanensis*) 更耐干旱和土壤贫瘠, 通常是半湿性常绿阔叶林破坏后产生的次生植被。但在多石山地或半湿地带的向阳陡坡, 半湿性常绿阔叶林因缺乏一定的水湿条件而不能发育。云南松也可形成稳定的纯林。

(8) 山地湿性常绿阔叶林 (1600—2800米)

位于铁杉 (*Tsuga dumosa*) 林之下, 在本区内其分布高度由西向东逐渐升高, 生境温暖而潮湿。森林上层以壳斗科 (*Fagaceae*) 中的石栎属 (*Lithocarpus*)、锥栎属 (*Castanopsis*)、青冈属 (*Cyclobalanopsis*) 的树种为优势, 其次为樟科 (*Lauraceae*)、木兰科 (*Magnoliaceae*)、山茶科 (*Theaceae*) 和槭树科 (*Scesaceae*) 的树木, 林下则以箭竹 (*Sinarundinaria* spp.) 为主, 树干附生大量苔藓。

(9) 铁杉林 (2500—3100米)

在山地湿性常绿阔叶林之上, 由云南铁杉 (*Tsuga dumosa*) 为建群种组成, 生境温湿。林内混生的主要树种有华山松 (*Pinus armandi*)、油麦吊杉 (*Picea brachytyla* var. *complanata*)、川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*)、黄背栎 (*Q. pannosa*)、白桦 (*Betula platyphylla*)、糙皮桦 (*B. utilis*), 以及多种槭树 (*Acer* spp.)。

(10) 高山松 (*Pinus densata*) 林 (2800—3400米)

分布于云南松林之上的干旱陡坡, 以纯林为主。其上限在阴湿处与云杉林相接, 下限在干热河谷区与河谷旱生灌丛或云南松林相接, 在同海拔的阴湿狭窄沟谷中多与铁杉林相接。

(11) 云杉林 (3100—3900米)

分布于怒江峡谷以东广大亚高山地区, 通常分布在冷杉林的下部。以丽江云杉 (*Picea likiangensis*) 和油麦吊云杉 (*P. brachytyta*) 为主要建群种。火烧迹地上常生长着大果红杉 (*Larix potaninii*)、红桦 (*Betula albo-sinensis*) 等次生类型。

(12) 冷杉林 (3100—3900米)

分布于本区亚高山阴坡, 面积很广, 位于云杉林上方, 直到林线附近, 主要由长苞冷杉 (*Abies georgei*)、川滇冷杉 (*A. forrestii*)、苍山冷杉 (*A. delavayi*)、中甸冷杉 (*A. ferreana*) 等组成, 为本区森林中生境最冷湿的一类。其下限分布由西向东逐渐提高, 展现出与温湿度变化紧密联系的规律。

(13) 硬叶常绿阔叶林 (2800—3800米)

主要分布于亚高山云冷杉林不能生长的干坡或石灰岩基质上。建群种中有川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*)、黄背栎 (*Q. pannosa*)、帽斗栎 (*Q. guayavaefolia*)、长穗栎 (*Q. longisipa*) 等10余种。

(14) 高山柏林 (3800—4400米)

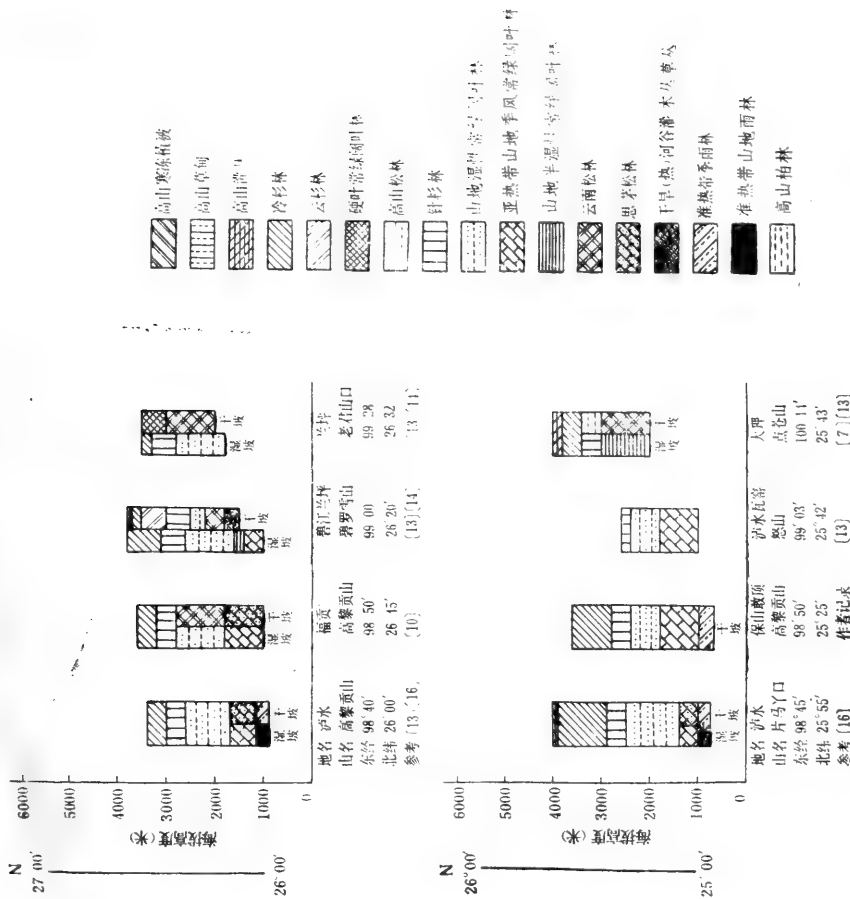


图 22—1 云南横断山区不同地点原生植被的垂直带谱

分布于德钦、中甸等向青藏高原中心过渡的地段，位于硬叶常绿阔叶林之上，是干坡的林线附近生长的类型。是本区森林中生境最干冷的一类。主要建群种是方枝圆柏 (*Sabina sattuaria*)、大果圆柏 (*Sabina tibetica*) 等。

(15) 高山灌丛 (3900—4400米)

位于林线以上，下限与森林相接，是森林向草甸过渡的一个植被类型。以杜鹃灌丛、高山栎灌丛和高山柳灌丛为主。

(16) 高山草甸 (4400—4800米)

位于高山灌丛的上方，以蒿草草甸为主，是高等植物组成的植被分布最高的一个带。其分布高度主要受山体高度和流石滩地形的控制，有时则与高山灌丛相间分布。

(17) 高山寒冻植被 (4800米—永久积雪带)

分布于高山草甸以上，生境极其寒冷，一年中只有7—8月才化雪。在石砾堆上生长少量的壳状地衣、石蕊及藻类等低等植物，是植被分布的最高界限。

按照以上十七种原生植被类型，将所收集到的垂直带谱统一改编、整理成潜在的原生植被垂直分布图，并按经纬度排列如图22—1。

从图22—1中看到云南横断山区森林植被分布规律。

(1) 植被分布的纬向地带性不明显*。本区自南向北在同一高度和经度上的温度递减现象不明显。这是由于横断山在云南境内纬度的跨度不大(4°左右)，且温度递减规律被青藏高原的热力作用所掩盖和抵消，使温度从南到北(在同一高度和经度上)无明显变化。山地下部植被带谱的差异，主要是由于从南到北海拔的增高和水分的复杂变化而形成的。

(2) 植被分布的经向差异较明显。这主要是由于横断山脉系南北走向，对影响本区的主要大气环流——西南季风形成了山河相间的连续阻断。结果，从西到东水分逐渐减少，温度则逐渐增加。故本区植被出现由潮湿类型向半湿润类型过渡的明显差异，且同一植被带的垂直高度也自西向东逐渐升高。

(3) 植被的垂直变化异常明显，垂直带的结构非常丰富。其原因是由于：①云南横断山地区相对高差大，形成了变化明显的立体气候。②本区植被垂直带基点较低(位于准热带)，同时，不同地区水分变化很大，在不同水热条件的组合下，展现出自暖热——寒冻；干旱——潮湿的多种垂直带谱类型。

二、植被分布与水热因子相关的量化研究

人们研究气候与生物的关系已有较长的历史，前人做了大量工作，但迄今仍无统一标准。目前在研究植被分布与水热因子的关系时，常用Walter和Lieth提出的生物气候图谱(20)，这种方法在国际上得到了广泛承认。我国在1980年出版的《中国植被》(18)中，也是采用这种生物气候图谱来分析多种植被与水热条件的关系，并取得了较好的效果。其图例见图22—2。

*我们这里所指的纬向地带性是指由于纬度增加而造成的温度递减在植被分布方面表现出来的规律性差异。

这种图的优点在于它从直观的图象表示了具体地点水热条件及其组合的关系,采用的是一般常规气象观测指标,所需要的指标数量能够得到满足。但是,绘制这样的图在气象台站多时较繁琐(这一问题可以通过电子计算机自动制图来得到部分的解决),同时,这个图解只能给予大致定性的印象,无法作为定量鉴定植被分布的依据。

本文试图将Walter和Lieth的生物气候图解量化,所采用的指标尽量与现有研究水热因子的指标相协调,再根据横断山区植被分布的实际情况确定多种植被类型所对应的水热界限和等级。

(一) Walter和Lieth生物气候图谱定量化的探讨

Walter图谱(见图22—2)中的热量部分是用月平均气温曲线的分布趋势和其在0℃以上的面积大小来表示的。这样在制图上虽然比较简单,但是0℃以上的温度多寡与植物正常生理活动积温是不相协调的。如果我们把座标的横轴移到5℃的水平处,则温度曲线下所包括的范围更加接近植物的活动积温值。这一面积可用其中各月的平均气温值减5再乘以一个横轴宽度(月份间隔长度)的和来表示。如以S表示温度曲线与5℃虚线所包围的面积,t表示月平均气温(℃),n表示 $t > 5$ ℃的月数,a表示横轴宽度,则

表22—1 云南横断山区各气象站水热指数表

站名	指数		站名	指数	
	WI	MI		WI	MI
大理	121	355	昌宁	119	451
宾川	154	77	施甸	145	268
巍山	126	216	丽江	91	322
洱源	106	216	德钦	27	198
剑川	88	230	维西	75	264
云龙	103	269	泸水	120	400
祥云	116	335	永胜	101	302
永平	130	376	兰坪	78	367
鹤庆	102	320	贡山	118	642
弥渡	134	219	中甸	35	214
漾濞	133	349	宁蒗	94	308
下关	124	340	碧江	106	404
南涧	167	131	福贡	144	477
保山	126	297	六库	181	189
腾冲	118	555	云杉坪	32	577
潞江坝	197	119	石鼓	113	189
			乍子栏	138	-23

S = \sum_{i=1}^n (t_i - 5) \times a

为简便起见，可把上式中的a省去，其结果不受影响。这样，就恰好与日本吉 良 在 1945年提出的温暖指数 (Warmth index) —— 简称WI相符合。据吉良的研究(21)：

WI = \sum_{i=1}^n (t_i - 5) \dots\dots①

这样我们就把生物气候图谱中对植物生长的有效热量部分定量化了。利用①式将本区各常规气象台站的WI值计算出来列入表22— 1 中。

为了补点的需要，我们计算了温暖指数 (WI)与海拔(H) 相关的回归方程：*

WI = -1083.6 - 0.22794H + 1347.019389* 1.0001H\dots\dots②

R = 0.9817 (复相关系数)

P = 0.95 (显著性检验的可靠性)

如果以高山草甸的上限为高山寒冻带的下限，以高山灌丛和暗针叶林的分界限为亚高山寒温带的上限，以亚高山暗针叶林和铁杉林的交界线为亚高山中温带的上限，山地湿性常绿阔叶林为山地暖温带，山地季风常绿阔叶林为山地亚热带，山地准热带雨林、季雨林的上线为山地准热带的上限，则各种植被的WI指标如表22— 2 。

表22— 2 云南横断山各气候带的温暖指数

气 候 带	代 表 性 植 被	温 暖 指 数 (℃)
(高山) 极地寒冻 带G	流石滩地衣、藻类	0
(高山) 寒带F	灌丛、草甸	0 —14
(亚高山) 寒温带E	云冷杉林	14—46
(山地) 中温带D	铁杉林	46—82
(山地) 暖温带C	山地常绿阔叶林	82—119
(山地) 亚热带B	山地季风常绿阔叶林	119—177
(山地准热带) 热带A	准热带雨林、季雨林	>177

下面讨论水分条件对植被分布的影响。

气候图解中的湿润程度实际上决定于月平均降水量的 1/2 与月平均气温的差值，乘以横轴宽度 (a) 的和所代表的面积 (图22— 2 中的直线条区域)。参照前面WI的确定方法，同样把常数项 (横轴宽度a) 省去，则可以用植物生长季中 (月平均 气温 > 5 ℃时期)，各月份的月平均降水量的 1/2 与月平均气温的差值之和，来表达气候图解中的湿润程度。我们把该值称为湿度指数 (Maisture Index，简称MI) 在此提出：

$$MI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{2} - T_i \right) \dots\dots ③$$

式中：P_i——月平均气温 > 5℃ 的各月平均降水量（毫米）；

T_i——月平均气温 > 5℃ 的各月平均气温（℃）；

n——月平均气温 > 5℃ 的月份数。

兹将按③式计算出的本区各台站的 MI 值列入表 1 中。为了比较起见，我们把本区各台站的 PEI* 和 K** 与我们提出的 MI 同列入表 22—3 中进行对比，结果发现 PEI 和 K 都与 MI 之间呈紧密的直线相关（图 22—3）。并可用本区各气象站的 MI 与 PEI 和 K 分别建立直线方程来表示：

$$PEI = 19.323086 + 0.1414145MI \dots\dots ④$$

r = 0.9649（相关系数）

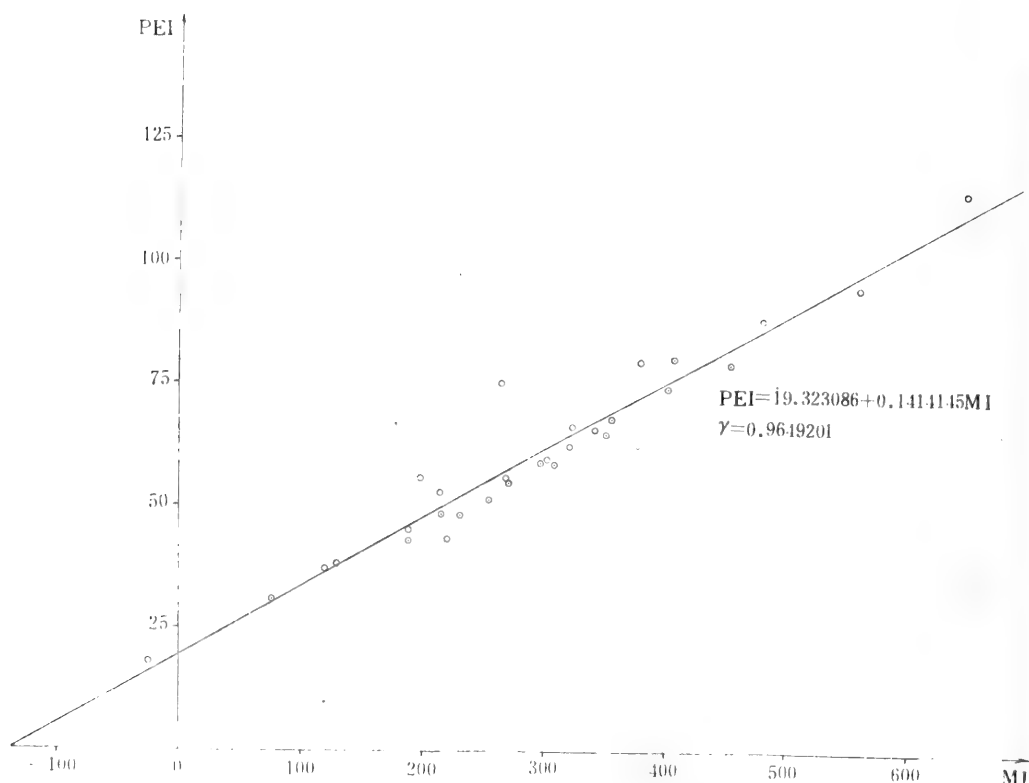


图 22—3a MI 与 PEI 的相关模型

* Thornthwaite 1931 年提出的降水效率指数 $PEI = \sum_{i=1}^{12} 0.164 \left(\frac{P_i}{t_i + 12.2} \right)^{10/9} \times 10$ 。式中为月平均降水量

（毫米）；T 为月平均气温（℃）[22]。

** Koppen 1936 年提出的水热系数 $K = P/2 (T + 7)$ ——全年均匀降水类型， $K = P/2 (T + 14)$ ——夏雨类型， $K = P/2$ ，T ——冬雨类型 [22]，本区各台站都按夏雨类型公式计算 K 值。

$$K = 7.01497 + 0.032784MI \dots\dots ⑤$$

$r = 0.9659$ (相关系数)

由于MI的分布格局非常复杂，其经验公式尚在探寻中，故本文采用气象站的MI值和通过④、⑤式计算的与PEI和K的湿度临界值相对应的MI值，来综合确定植被分界线的湿润等级。我们把干热河谷与原生云南松林和思茅松林的分界线，作为干旱与半湿润区的分界线；把暗针叶林与硬叶常绿阔叶林和原生高山松林之间的边界，作为湿润和潮湿的分界线；以山地季风常绿阔叶林与山地湿性常绿阔叶林的分界线，作为潮湿与重湿的分界，确定了干旱、半湿润、湿润、潮湿和重湿地区的界线，并确定了其临界处的MI值（如表22-3）。

在分别研究了气候图解中的水热因子以后，我们就可以把每个台站的气候图解的定量化指数（Climatic Diagramme Index简称CDI）用下列形式来表示：

$$CDI = \pm WI \pm MI$$

WI前面的“±”号决定于夏半年和冬半年降水的比值。当前者大于后者时，表示夏雨气候取“+”号；当后者大于前者时，表示冬雨气候取“-”号。MI前面的“±”号则为各台站MI的实际符号。同时，根据气候带A、B……、G和湿度级1、2、3……、6可组成不同的气候型。现举出六个不同类型的台站为例（如图22-4）。

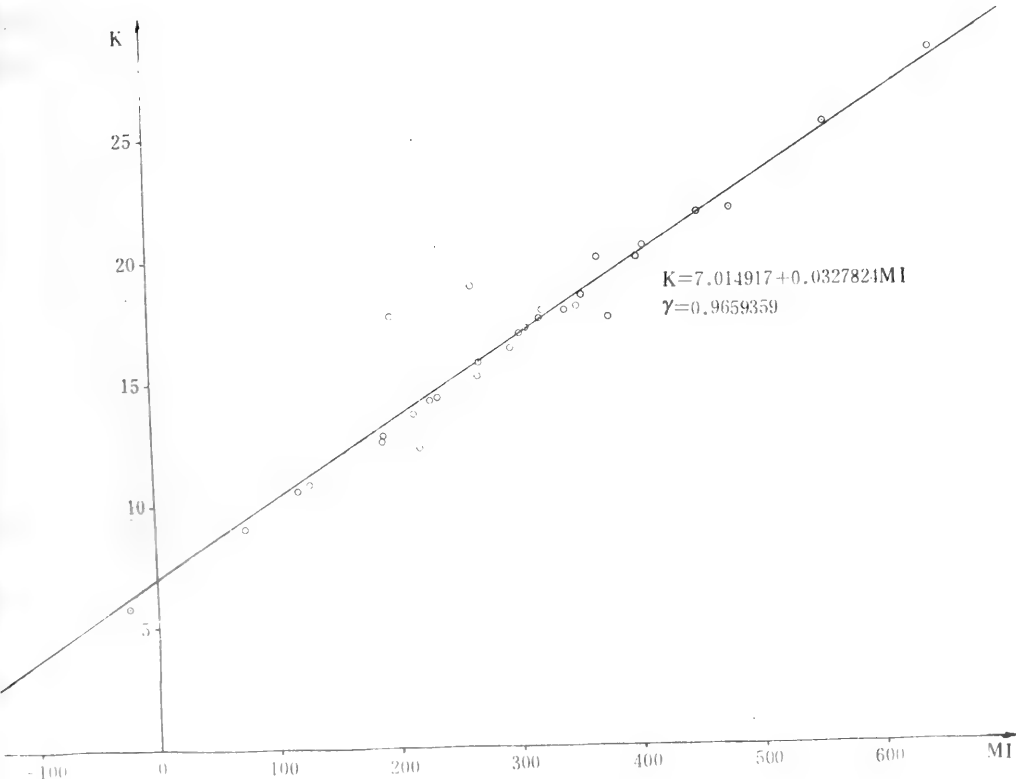


图22-3b MI与K的相关模型

表22—3

不同湿度等级和植被类型的水分界线*

湿度等级	主要植被类型	K	PEI	MI
强干旱(6)	荒漠植被	< 5	<16	<(-40)
干旱(5)	高山草原, 干热河谷灌草丛	5—10	16—32	(-40)—90
半湿润(4)	高山柏林, 硬叶常绿栎林, 高山松林, 云南松林, 思茅松林	10—14	32—48	90—210
湿润(3)	云杉林, 高山灌丛草甸, 山地季风常绿阔叶林	14—18	48—66	210—340
潮湿(2)	准热带山地雨林, 冷杉林, 铁杉林	18—28	64—110	340—640
重湿(1)	热带雨林	> 28	>110	>640

(二) 云南横断山森林分布与水热因子的相关

由于影响植被分布的热量指标, 除温暖指数为主外, 尚有年平均气温、最冷月平均气温、最热月平均气温和日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温等。为比较起见, 我们首先通过回归得出它们的经验公式:

$$T_1 = 25.67 - 0.0059041H \cdots \cdots \textcircled{6}$$

$$r = -0.9695$$

$$T_2 = 29.75 - 0.0050573H \cdots \cdots \textcircled{7}$$

$$r = -0.9780$$

$$T_3 = 18.87 - 0.0062614H \cdots \cdots \textcircled{8}$$

$$r = -0.9515$$

$$T_4 = 8932 - 2.34229H \cdots \cdots \textcircled{9}$$

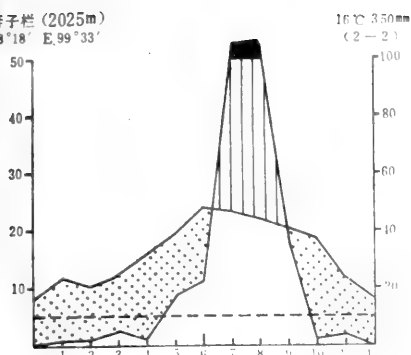
$$r = -0.9252$$

式中: H ——海拔高度(米), r ——相关系数, T_1 ——年平均气温($^{\circ}\text{C}$), T_2 ——最热月平均气温($^{\circ}\text{C}$), T_3 ——最冷月平均气温($^{\circ}\text{C}$), T_4 ——日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温($^{\circ}\text{C}$)。

其次, 利用收集到的各个垂直带的记录确定各种植被类型分布的上、下界限处的海拔高度, 并求出其平均值。再根据有关台站的资料和公式(2)、(6)、(7)、(8)、(9)的计算结果, 确定多种植被类型分布的温暖指数等五项热量指标。然后再确定各种对水分要求不同的植被类型的分界线, 即用位于分界线附近的气象台站的资

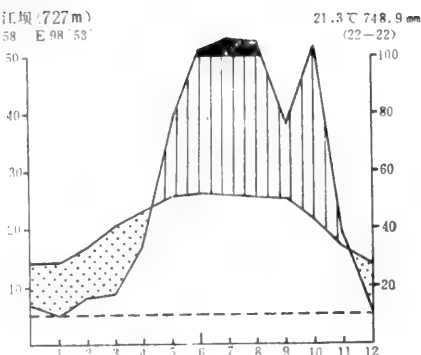
* 由于我们划分等级是结合了云南横断山的具体条件, 故表中所列出的PEI指标与Tornthwaite原著中提出的指标略有差别。指标K则与Köppen原著中的完全吻合

奔子栏 (2025m)
N 28°18' E 99°33'



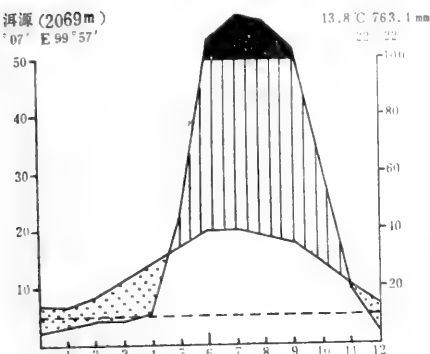
图解指数 (CDI): +138-23
气候型 (CT): B

丽江坝 (727m)
N 24°58' E 98°53'



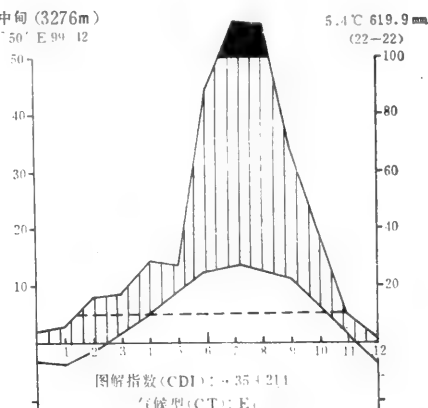
图解指数 (CDI): +197+119
气候型 (CT): A

洱源 (2069m)
N 26°07' E 99°57'



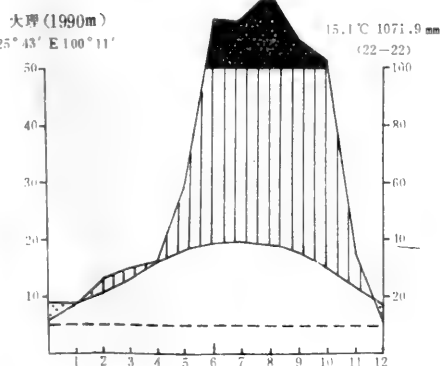
图解指数 (CDI): +106+216
气候型 (CT): C3

中甸 (3276m)
N 27°50' E 99°12'



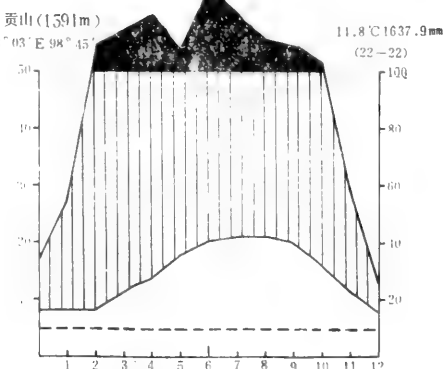
图解指数 (CDI): +35+211
气候型 (CT): E

大理 (1990m)
N 25°43' E 100°11'



图解指数 (CDI): +121+355
气候型 (CT): B

贡山 (1391m)
N 28°03' E 98°45'



图解指数 (CDI): +118+642
气候型 (CT): C1

图22—4 不同类型的生物气候图解及其图解指数和所属气候型

料和公式④、⑤来综合确定多种不同植被类型，对湿度指标（MI、PEI和K）的要求。最后，通过上述计算，参照姜汉侨的定性模式图(17)，建立了云南横断山区植被分布与水热因子相关的定量化模型（如图22—5）。

日均温 10℃ 积温	温暖指数(W.I.)	湿 度 指 数 (M.I.)					最热月 平均温	最冷月 平均温	热 量 带
		<90	90—210	210—340	340—640	>640			
0	0			高山积雪寒冻植被带			<5	<-11	高山寒冻带(G)
0—300	0—5			高山草甸带			5—7	(-11)~(-9)	高山寒冻带(G)
300—600	5—15		阔叶林带	高山灌丛带			7—10	(-9)~(-6)	高山寒冻带(F)
600—900	15—25		硬叶常绿阔叶林带	冷杉林带			10—12	(-6)~(-4)	亚高山寒温带(E)
900—1600	25—45		高山松林带				12—14	(-4)~(-1)	亚高山寒温带(E)
1600—2300	45—65			山地常绿阔叶林带	铁杉针阔混交林带		14—16	(-1)~2	山地温暖带(D)
2300—3200	65—80			一落叶阔叶混交林带			16—18	2—4	山地温暖带(D)
3200—4800	80—120	干热河谷灌丛	云南松林带		山地上部常绿阔叶林带		18—21	4—8	山地温暖带(C)
4800—7000	120—175		思茅松林带		山地下部季风常绿阔叶林带		21—25	8—13	山地亚热带(B)
>7000	>175		草从	准热带季雨林带	准热带山地雨林带		>25	>13	山地准热带(A)
K		<10	10—14	14—18	18—28	>28	K		
PEI		<32	32—48	48—66	66—110	>110	PEI		
湿度级		干燥(5)	半湿润(4)	湿润(3)	潮湿(2)	重湿(1)	湿度级		

图22—5 滇西（横断山区）植被潜在分布与水热因子相关的定量化模型

注：（1）-----表示相互搭界交错分布的类型
（2）图中各热量指标的单位均为度（℃）

以上述研究为基础，可以总结出本区主要原生植被类型对水热因子所要求的定量化区间，及其所属的气候型，如表22—4。

三、结 论

- （1）本区植被分布的模型是综合前人的资料，并根据我们实地考察的结果确定的。它从宏观上确定了云南横断山区，各种具有代表性的原生植被的水热生态序列的分布位置。同时，在人工干与下，可以产生不同的派生和人工群落类型。
- （2）水热因子的定量化是以Walter和Lieth的生物气候图解为基础的。这种方法的优点在于采用的指标很易从常规气象站取得，另外这种气候图解目前广泛地为世界植被研究采用。图中热量借用了日本吉良氏的温暖指数（WI）来表达。水分条件笔者提出湿度指数(MI)来表达，并以± WI，± MI作为一个地点水热因子的综合指标(CDI)。同时，根据热量和水分等级可组成多种气候类型。

表22—4 云南横断山不同植被类型的水热指标间及其所属气候型表

植 被 类 型	水 热 指 数		气 候 型
	WI	MI	代 号
高山寒冻植被	0	>210	G ₁₋₃
高山灌丛草甸	0—15	>210	F ₁₋₃
高山柏林	5—15	90—210	(E—F) ₄
冷杉林	15—45	>210	E ₁₋₃
云杉林	15—45	210—640	E ₂₋₃
硬叶常绿阔叶林	15—25	90—210	E ₄
铁杉林	45—80	>340	D ₁₋₂
高山松林	25—65	90—210	(D—E) ₄
山地湿性常绿阔叶林	65—120	>340	(C—D) ₁₋₂
山地半湿性常绿阔叶林	45—120	210—340	(C—D) ₃
云南松林	65—120	90—210	(C—D) ₄
山地季风常绿阔叶林	120—175	>210	B ₁₋₃
思茅松林	120—175	90—210	B ₄
准热带山地雨林	>175	>340	A ₁₋₂
准热带季雨林	>175	150—340	A ₃₋₄
干热河谷灌草丛	>80	<150	(A—C) ₅

(3) 植被分布与水热因子的相关模型，是以植被空间分布格局和多种植被分界处的水热指数编制的。我们把云南横断山区的定量方框模型（图22—6）与我们在藏东南研究的结果^[23]（图22—7），以及吉良提出的北半球植被水平分布（图22—8）和喜马拉雅山南坡植被的垂直分布（图8）^[24]图谱加以对比（见表22—5）。通过比较我们可看出：在我国西南和喜马拉雅山南坡的山地垂直带中，都不存在北半球水平带中的落叶阔叶林带，其余的都能找到近似对应的植被。云南横断山地区植被垂直带上的温暖指数。分布，与吉良在喜马拉雅山南坡，以及我国藏东南山地垂直带上的温暖指数分布相吻合，证明山地植被的垂直分布对热量的要求是相同的。但如与吉良的北半球水平带主要植被类型分布区的温暖指数相比较的话，则在云南横断山和藏东南，山地温带以上的植被各垂直带的温暖指数与其相同，而山地温带以下的植被各垂直带的温暖指数却偏低。这可能是因为我国西南地区，山地下部受西南季风和青藏高原热力作用的影响较大，使水热条件的组合很好，夏无酷暑，冬无严寒；一年中降水又多集中于植物生长季，导致了水热因子对植物生长的有效性大大提高。因此，云南横断山区山地下部虽然温暖指数的数值偏低，但却出现了与北半球水平带相对应的绝大部分类型。这正好说明了植被的水平带与垂直带之间，既相似又有差异的辩证关系，为我们深入研究二者之间的关系提供了理论依据。

年平均 温度 (℃)	年降水量 (mm)					温暖 指数 (℃)	
	200	200—500	500—600	600—800	800		
(-7)	荒漠	荒漠草原	永久积雪带			0	
-7 - (-1)			高山草甸带			0	
-1—2			高山灌丛带			0—13	
2—7			云冷杉林带			13—48	
7—12			干热河谷灌丛	云南松林带	常绿栎林带	针阔混交林带	48—77
12—20						亚热带常绿阔叶林带	77—175
20			热带季雨林带		热带雨林带	175	
	30	30—50	50—60	60—70	70		
	相对湿度 (%)						

图 22—6 西藏森林分布与水土热条件相互关系的模式图

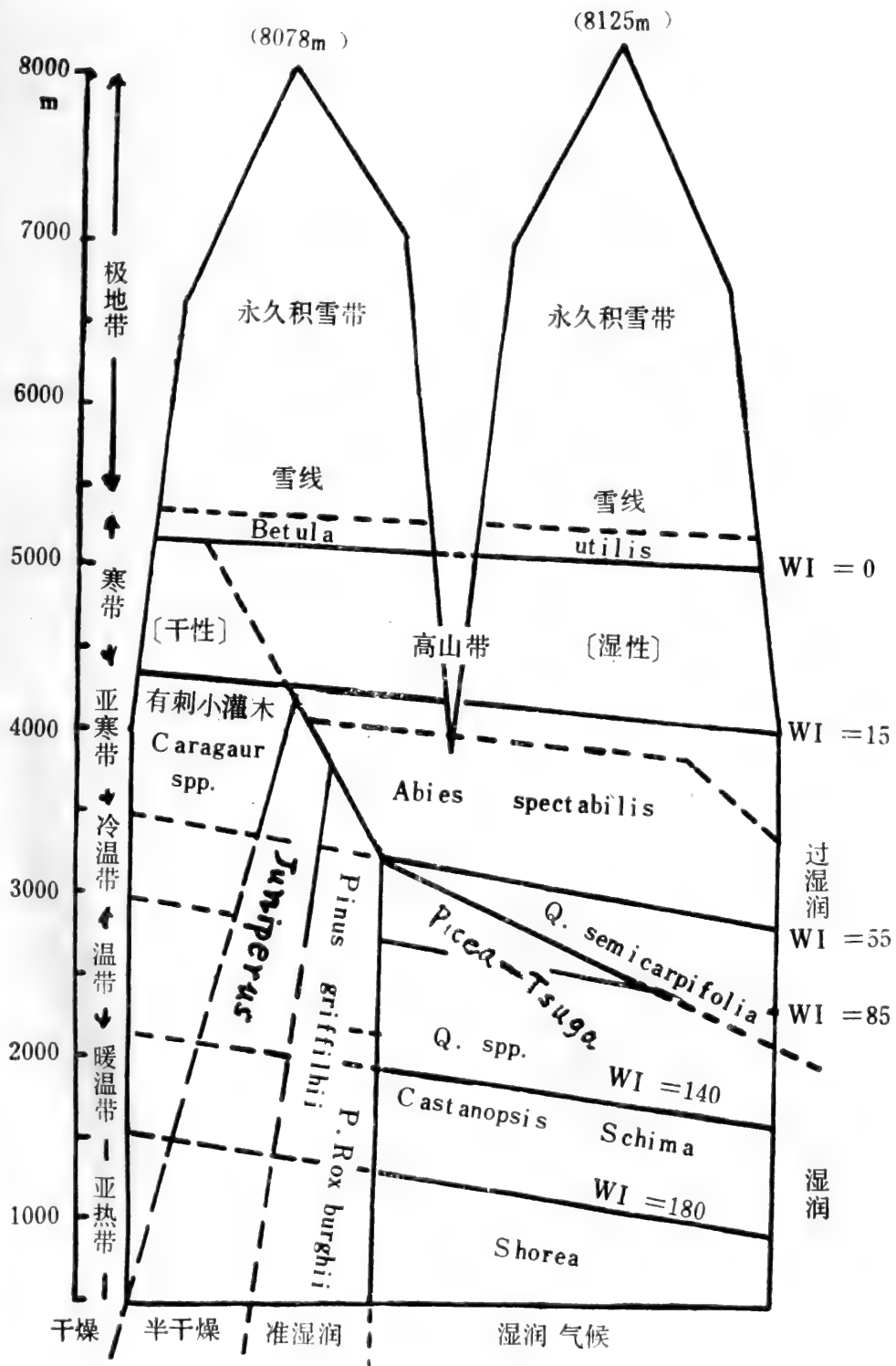


图22—7 尼泊尔中部喜马拉雅山植被垂直分布带

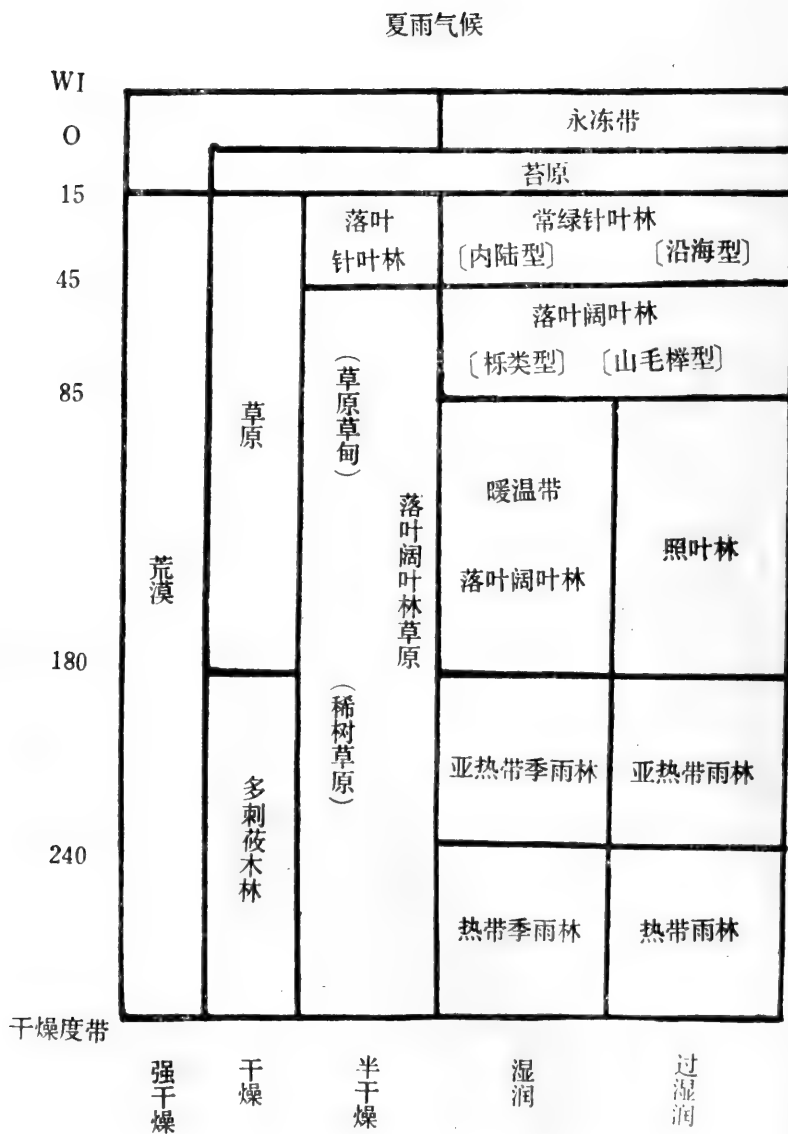


图22—8 北半球主要植被类型的分布与气候（热量、干湿度）的关系

表22—5

不同地区气候、植被带与温暖指数对照表

气候带	代表性植被	温暖指数 WI (℃)			
		滇 横 断 山	吉		西藏东南部
			北半球带	喜马拉雅垂直带	
(高山)极地寒冻带G	流石滩地衣、藻类	0	0	0	0
(高山)寒带F	灌丛、草甸	0—14	0—15	0—15	0—13
(亚高山)寒温带E	云冷杉林	14—46	15—45	15—55	13—48
(山地)中温带D	铁杉林	46—82	45—85	55—85	48—77
(山地)暖温带C	山地常绿阔叶林	82—119	85—180	85—140	77—112
(山地)亚热带B	山地季风常绿阔叶林	119—177	180—240	140—180	112—175
(山地准热带)热带A	准热带雨林、季雨林	>177	>240	>180	>175

参 考 文 献

[1] 郑万均：《四川植物与森林考察简史》管中天译，《四川林业科技》

[2] 徐弘祖：《徐霞客游记》下册，上海古籍出版社，1980年。

[3] 刘慎谔：《中国南部及西部植物地理概论》，于《北平生物学杂志》1(1)，1936年。

[4] 刘慎谔：《云南植物地理》，于《李石曾先生六十龄纪念论文集》P 1—37，1944年。

[5] 郑万均：《峨边森林调查报告》，于《四川之森林》第五卷，四川省政府建设厅，1938年。

[6] 郑万均：《四川与西康东部之森林》西南边防指挥部，1939年。

[7] 严德一：《横断山脉》，于《地理知识》7(3)，1956年。

[8] 钱崇澍等：《中国的植被类型》，于《地理学报》22(1)，1956年。

[9] 云南大学生物系：《丽江玉龙山植被考察专辑》云南大学学报(自然科学)，第4期，1957年。

[10] 中国科学院南水北调考察队：《川西滇北地区自然地理垂直分带和水平差异》云南大学翻印，1980年。

[11] 侯学煜：《论中国各植被垂直带谱的特征》，于《中国植物学会30周年年会论文摘要汇编》中国植物学会，1963年。

[12] 姜恕：《以川西滇北为例试论山地植被垂直带的划分原则》，《中国植物学会30周年年会论文摘要汇编》中国植物学会，1963年。

[13] 中国科学院南水北调考察队：《滇西北横断山区植被踏查报告》云南大学翻印，1980年。

- [14] 中国科学院南水北调考察队:《川西滇北地区的森林》科学出版社,1966年。
- [15] 云南大学生态地植物研究室、昆明植物研究所:《云南西北部中甸县哈巴雪山地区森林植被的初步研究》植被专辑,1973年。
- [16] 刘伦辉、邱学忠:《我国铁杉的地理分布及垂直带位置的研究》,《云南植物研究》2(1)1980年。
- [17] 姜汉侨:《云南植被分布的特点及其地带规律性》,《云南植物研究》2(1)、(2),1980年。
- [18] 吴征镒主编:《中国植被》科学出版社,1980年。
- [19] 云南农业地理编写组:《云南农业地理》云南人民出版社,1980年。
- [20] Walter, H. and Lieth, H: 1960—1967: "Klimadiagramm-Weltatlas" G. Fischer.
- [21] 吉良龟夫,依田恭二:《生物与环境》(现代生物学讲座5),P231—269,1958年。
- [22] 国家地图编辑委员会:《中华人民共和国自然地图集》《气候部分》地图出版社,1965年。
- [23] Li Wenhua, Han yu-feng Li yu-jiu 1981: Fundamental characteristics of the forests in Xizang in relation to the uplift of the plateau. Geological and Ecological studies of Qinghai-Xizang plateau. Vol. II.
- [24] 吉良龟夫,田平井纲英,沼田真,依田恭二:《科学》46, P235—247, 1976年。

THE DISTRIBUTION OF FOREST VEGETATION IN HENGDUAN MOUNTAIN IN RELATION TO THE HYDRO-THERMAL CONDITIONS

Li Wenhua Len Yunfa Hu Yueng
(Commission for Integrated (Beijing Forest
Survey of Natural Resources) College)

This article summarizes a series of reports on the distribution of forest vegetation in northwestern part of Yunnan prov.—the lower part of Hengduan mountain and gives a additional information collected during expedition in 1981.

The climate diagram of Walter and Lieth is quantified using the warmth index $WI = \sum (t - 5)$ and the moisture index $MI = \sum \left(\frac{p}{2} - T \right)$.

There are only 33 data sites with long term meteorological records. In addition to these, a large number of saplement data sites is used according to mathematical models, which show the correlation between precipitation, temperature and geographical factors.

A pattern to show the distribution of forest vegetation in relation to the hydro-thermal conditions is presented, The results are compared with the scheme of Kira for Himalayas and that of author's for Tibet.

23. 云南小中甸地区树木年轮所表征的气候变化*

吴祥定 林振耀

(中国科学院地理研究所)

利用树木年轮的逐年变化研究历史时期气候状况,乃是年轮气候学的重要内容之一。在我国,近年来随着气候变化研究的迫切需要,为弥补气象观测资料的不足,年轮分析工作受到广泛重视。不少地区都进行了树木年轮的取样与分析,象在青藏高原、东北和西北等地,已正式发表了若干研究成果。

同时需要指出,在国内已进行的年轮气候工作中,多依据一、二株树圆盘的年轮宽度变化型,推断往昔的温度或降水变化。对如何选用复本、并施以定年,从而得到更为可信的年轮序列,几乎从未论及。实际上,利用复本进行交叉定年,是年轮分析的一项基础工作,也是能否建立可信的年轮年表的成败关键,^(1,2)在本文中,作者将论及在云南小中甸地区的标本采集和处理,并根据由复本构成的年轮序列,推断出最近约400年来该地区的温度及降水变化概况及若干特征。

一、野外取样

1981年夏,我们在滇西北迪庆藏族自治州小中甸地区,进行野外考察和年轮取样。该地区约27°48'N,99°42'E。除零星平坝外,多为起伏的山峦,且山系、河流多是南北走向,属于著名的横断山脉地区范围。由于地形复杂,小尺度范围内自然景观与气候状况差异较大。小中甸附近,除北面约30公里大中甸设有一个气象观测点(中甸气象台)而外,几乎没有什么气象

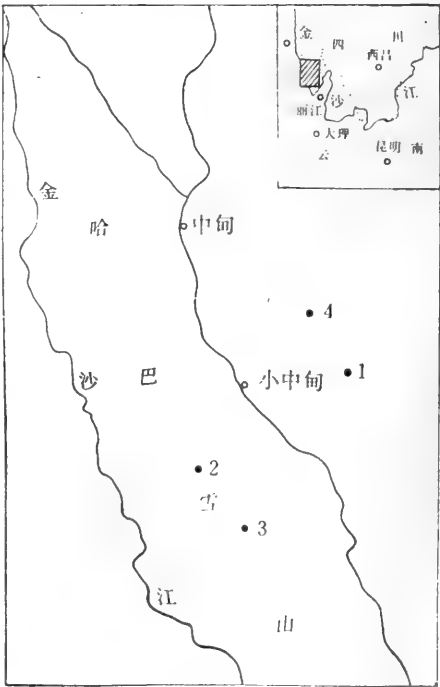


图23—1 野外取样地点示意图

* 承中国科学院青藏高原科学考察队、云南省中甸林业局协助取样,中国林业科学院木材工业研究所协助读数,特此感谢。

录可供气候变化分析之用。况且,该气象台也只是从1958年开始正式观测。为了解该地长期气候变化,我们选择了四个地点,采集到大量的年轮标本,其位置参见图23—1中的1、2、3、4。其中1与2分别在红山林场天宝山和吉沙林场三工段小天湖。可记为(中)No.1与(中)No.2。另外二个地点的年轮序列,只作参考之用,不予细述。

(中) No.1 取样位于天宝山主峰西南边不远的一个山坡上,坡向为西北,海拔高度为3750—3800米。该处落叶松疏林与流石滩毗邻,其中一些树木为流石所包围。稍低处,为大片生长较好的冷杉林。那里山坡较陡,坡度达35度。从树木生长的生态环境来看,该处降水量虽然算不上稀少,但土壤贮水能力极差,日照较充足。树木外形亦多有曲扭。可见,它们的生长依然受天然降水制约,其年轮宽度能够反映出该地区降水量的变化。其后的分析也证实了这里的取样,是符合年轮气候学的生态环境选择原理的。

(中) No.2 则是位于哈巴雪山中一个海拔近3900米的平缓的山顶上。那里已接近树线,除去小片的冷杉杜鹃林外,附近多为灌丛草甸。不少树木的树干甚矮,但它们的匍匐枝却很长,枝杈也甚多,堪为森林上界树木的典型形态。毋庸置疑,这里的树木生长热量条件,不是总能得到满足的,它们对温度变化应该是敏感的。所以,用它们年轮宽度变化表征该地区气温的逐年差异是可行的。

截取圆盘标本必须伐倒立木,往往造成浪费,而且采样多在人迹罕至的深山荒野,运输极为困难,故很难采集大量标本作复本分析。这也是我们前期年轮分析中样本量不足的原因之一。可见,为消除单株树的“个性”,得到一个群体的“共性”,应该采用的大量标本,而不宜选用圆盘。目前,其它许多国家的年轮标本,多选用树木横截面上的钻芯。它是由一种叫“生长锥”(Increment Borer)的工具,将钻杆钻入活树的树干里,钻取得到由树皮至髓心的长条圆柱形的钻芯,而不使树木有很大损伤。我们在小中甸地区使用国产的和瑞典产的多种不同口径的生长锥进行了取样。

据国际年轮库(ITRDB)要求,为建立一个可信的年轮序列,必须采集同一地点的10—20株树的年轮标本作为复本,用以筛选并作交叉定年。我们在小中甸地区上述两个地点,采集的年轮标本分别是21株树的钻芯和18株树的钻芯。为保证它们分别来自同一群体,我们严格采集距离很近的同一树种的树干,其下垫面状况也接近一致。象No.1均为落叶松(*Liax spiciosa*),而No.2为冷杉(*Abies ferreana*)。

此外,为在定年时便于查找伪年轮,部分遗失年轮以及其它畸形变态,除了采用大量的钻芯以外,可在同一群体中选用1个以上的圆盘。在天宝山采样地点,我们采集了三个圆盘,其中二个是落叶松,与钻芯一致;另一个则是取自邻近的一株冷杉,用作对照比较。对小天湖附近的取样,同时采集了二个冷杉圆盘。这样一来,每个地点就拥有20株或更多株树的标本。毫无疑问,这使读数,统计的工作量大为增加。但是,利用如此众多的标本最终建立的年轮序列,可信程度也将大为增加。

二、样本处理

在以往的年轮标本处理过程中,我们曾对大量圆盘进行过读数。一般是在一个横截面上一个或二个方向分别进行量测。在本文中,为便于定年,一律在二个方向上读数,然后

比较对照，发现有明显的位相差异时，从整个圆盘的360度各个方向去判断年轮变异的特性，这就是初步的定年处理〔3〕。

更为繁琐的是，要对众多的钻芯进行处理。所有读数使用 10×10 倍读数显微镜。每个钻芯量测得到的序列，都要与由圆盘建立的序列进行交叉定年。在图23—2中给

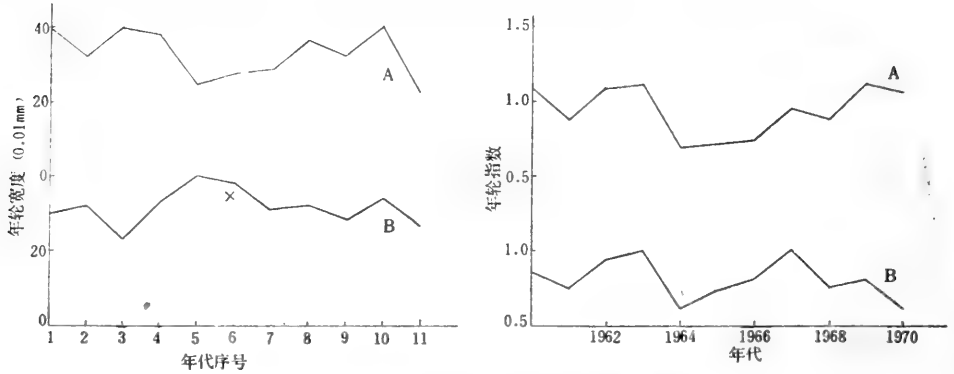


图23—2 遗失年轮的定年实例图

出No.1中的二个初始序列在定年过程中的实况。图的左半部分是两条年轮宽度读数曲线。很明显，在年代序号6以后直至11，两条曲线的起伏是大体一致的。而在年代序号5以前，它们峰值出现有明显差异。但仔细看一下可以发现，其位相落后仅仅为1，可见，它们的年轮宽度序列的年代差异是在序号为5或6的某一年。考虑到曲线A是由圆盘读数得到，可靠性较大，而且与其它许多标本的变化趋势相近，故判断曲线B在年代序号6处为年轮变形，实际上属于遗失年轮（记作×），则需要补加一个非零的极小年轮宽度值，以示年代序号的增加。经过这样定年处理得到的年轮指数序列，如该图的右半部所示。显然，它们所表现的振动形状是相当接近的。

类似的在图23—3中，我们给出No.2定年时的另一个实例。曲线B在年代序号为7处，

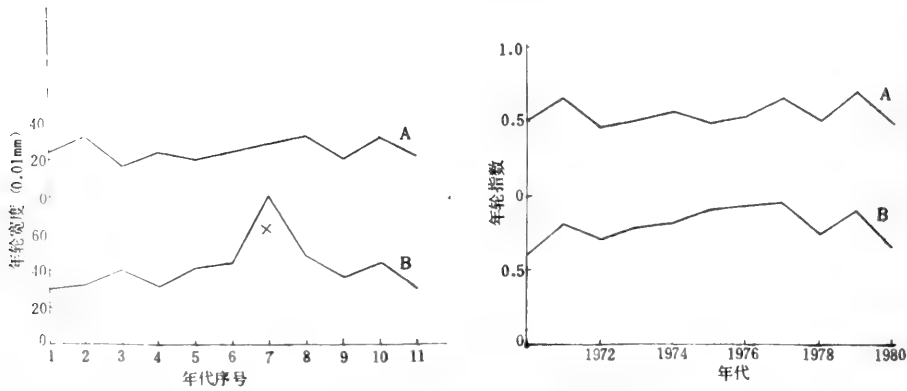


图23—3 年轮纹印不清的定年实例图

属于年轮纹印不清（记作×）。可按照年轮宽度序列A所对应的变化，将其改记为二个

差值不大的年轮宽度。经过这样插补后，各年的年轮指数变化就大体相近了。

所有的标本都必须经过类似的交叉定年处理，否则不能进入下一步的计算分析。在这一过程中，我们也发现同一地点的标本中，个别的宽度变化显著地与其它标本不一致，或者是年轮畸形过多难以定年。通常，这类标本是不宜加入年表统计的，故我们将其舍去。

此外，我们选用平均敏感度（MS）和相关系数值（r）作为是否进入复本的另外二个依据。其中MS的计算公式为：

$$MS = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{2(x_{i+1} - x_i)}{x_{i+1} + x_i}$$

式中， x_i 为逐年年轮宽度值，总长度为n。上述二个地点的序列分别是与中甸气象台的前年降水量及当年平均气温寻求相关，年代为1958—1980。对平均敏感度的检验标准通常以0.20为界；而相关检验则以达到0.05的显著性水平为准。

各序列的计算结果见表23—1。限于篇幅，表中只列出这二个地点的主要年轮序列。

表23—1 年轮序列的长度和MS值及R值一览表 长度单位：毫米

标 本	序 号	A	B	a	b	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	q
N0.1	MS	0.22	0.23	0.22	0.22	0.20	0.24	0.19	0.21	0.25	0.26	0.25	0.23	0.25	0.20	0.27
	r	0.41	0.85	0.53	0.67	0.47	0.74	0.57	0.70	0.68	0.52	0.48	0.56	0.69	0.65	0.60
	长 度	385	385	383	281	378	328	334	383	175	342	187	350	101	212	262
	迭 否	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
N0.2	MS	0.22	0.25	0.26	0.21	0.25	0.17	0.21	0.29	0.19	0.14	0.20	0.21	0.16	0.15	0.22
	r	0.62	0.58	0.81	0.13	0.48	0.19	0.61	0.26	0.44	0.20	0.43	0.77	0.19	-0.44	0.61
	长 度	246	313	251	79	290	89	220	130	207	65	173	160	66	73	59
	迭 否	✓	✓	✓		✓		✓				✓	✓			

表中符号“✓”表示被选用的标本，A、B给出的序列为圆盘读数，其余为钻芯。

在决定是否选用加入计算最终序列时，通常还需要考虑原序列长度。由于树木在幼年期生长旺盛，影响生长的因素也较为复杂，不易订正成能表征气候要素变化的序列。因此，我们在选用这二个地点的复本时，凡长度只有一百年左右或更短的序列，我们均不予入选，只在定年时作参考。象天宝山的m号钻芯仅101年，小天湖的q号钻芯不过59年，虽然它们的MS与r值都通过检验界限，也不加入最终的复本计算。

原有的年轮宽度序列定年后，也需要进一步作生长量订正。一般可依照下列指数公式给出拟合曲线。

$$y = ae^{-bx} + R$$

其中，y为指数曲线值，x为年轮宽度值，a、b、R为拟合系数。其后，以相对于指数值的比值代替原有年轮宽度值，用来表征逐年气候状况。具体的计算和处理例外的情况，作者曾著文论述过〔4〕，在此不再赘述。

同一地点被选用的，经过定年和订正的年轮指数序列，大体上可以视为来自同一群

体，能反应同一类气候要素变化。为进一步消除个别树木的特异性以及可能的非气候要素影响，我们将这些序列按对应年份平均，得到较为平滑的序列。象天宝山的No.1选用了13个序列叠加平均，小天湖的No.2选用了7个序列。它们的长度分别为385年和378年，即序列的每一年，至少包含二个各自经过定年的标本，最多则有7至13个。最终的这二个序列，就是我们用以讨论小中甸地区降水和温度变化的依据。

三、气候变化状况

小中甸地区地处滇西北高原，在云南省属于低温少雨区。从中甸气象台(1958—1980)气象观测资料来看，该地年平均气温为 5.4°C ，最暖月平均气温不过 13.2°C ，而最冷月可达 -3.8°C 。这些数值比起四季如春的昆明来也要低 $7-10^{\circ}\text{C}$ 。与同纬度其它地区相比，则更是明显的高寒区。这一带有霜期长达240天，农作物多为一年一熟，且大面积种植耐寒的青稞。降水记录表明，该地年降水量稍高于600毫米。但在全省看来，除局部的干旱河谷而外，其它地方年降水量多在800—1000毫米以上，可见该地是明显的少雨区。

小中甸取样地点，距离中甸气象台较近，且无高大屏障。就自然景观而言，小中甸一带比大中甸森林要茂密，湿度似较大些，其余则差不多。据说大中甸附近过去森林亦很茂密，只是近年来砍伐过于严重。可见，它们应属同一个气候区，气候要素的变化趋势基本一致。

对上述经过处理后的(中)No.1和No.2最近二十多年来逐年指数值与中甸气象台相应年份的降水量与年平均气温求相关，其相关系数值(r)竟高达0.89和0.67，远超

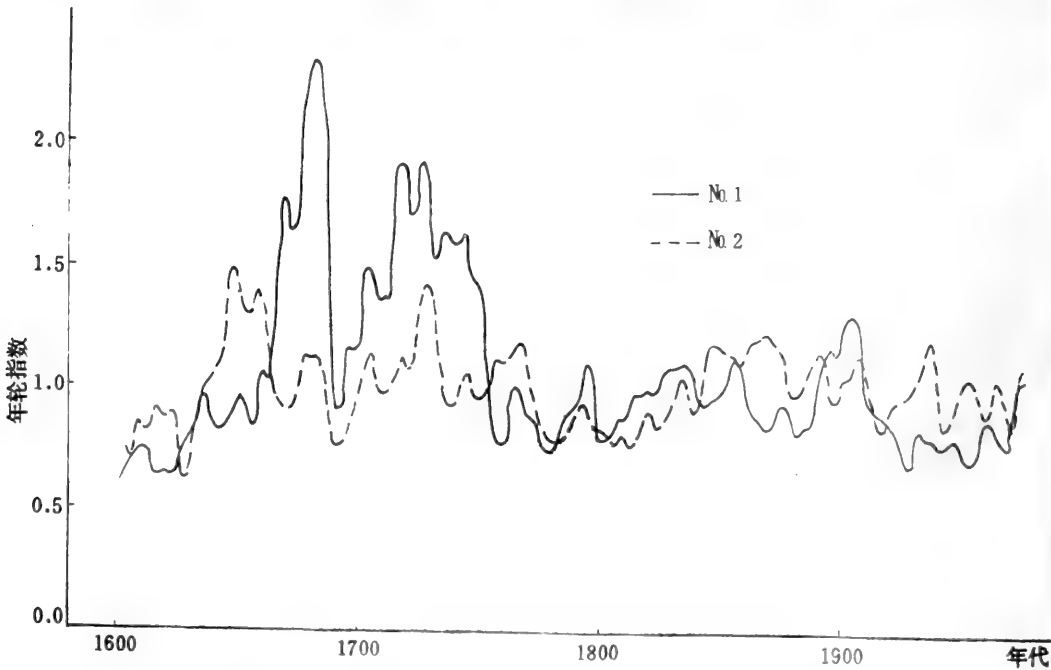


图23—4 经过低通滤波的年轮曲线变化图

过99%信度标准。同时，它们比起单株树标本分别求得的相关值，多数情况下也要高得多。这进一步说明了它们的可信度。

为便于分析气候变化趋势，我们对这二个序列进行低通滤波，滤去小的高频脉动。数学处理时取滤波项数为13，各个权重由高斯（Gauss）概率分布确定。经过滤波后的年轮曲线即可用作降水和气温变化趋势之分析（详见图23—4）。

根据图23—4（中）No.1的形状，我们可以推断该地区近400年来大约有五个较明显的负距平时段，即年降雨量正常偏少或干旱期。它们是17世纪初到30年代，17世纪末，18世纪70年代至19世纪30年代，本世纪10—20年代以及40年代至今。其余时段多为正距平，雨量偏多。

云南省气象局科研室曾利用地方志和其它资料论述过云南近500年来水旱演变¹⁾。将云南全省的旱涝变化归并成几个大的时期，象17世纪60年代—18世纪初，气候偏旱；18世纪初—19世纪初，气候偏涝；19世纪初—90年代，气候偏旱；19世纪90年代—20世纪30年代，气候偏涝，20世纪30年代—50年代，气候偏旱。这些时段与我们由No.1所得知的若干时段大体接近。不过，某些时段的长短及波动位相也还是有差异的，这是因为整个云南省范围的水旱演变状况与局部地区的，尤其是边远地区的降水变化必然是有差异的。还需提及的是，滇西北有关天气气候的历史记载几乎为空白，除了年轮分析外，目前还无法推断这里各历史时期的气候变化。

为表达No.1与降水的统计关系，我们给出它们的回归表达式：

$$y = -0.27 + 0.02x$$

其中， x 为年降水量值， y 为对应的年轮指数值。

由此可以推知，该地区近400年来平均年降水量应接近700毫米，比20多年来的多年平均值要高出约80毫米。在历史上多雨期的年份，象17世纪50年代，一般可在830毫米以上，而降水较少的年份，象17世纪30年代，19世纪初等时期，年降水量经常只有500毫米左右。

目前，该地区仍处于降水偏少的时期。

从No.2变化趋势曲线可以看出，从17世纪初至60年代初，该地区维持较冷，尔后直至18世纪50年代中为一暖期。最近200多年来，除19世纪30年代，50年代以及19世纪末至本世纪初为偏暖期而外，多在平均值以下。这种变化型式大体与由年轮分析推断的西藏的温度变化趋势一致（参阅文献〔4〕中的图1）。这说明同在高原上，距离又不太远的气温变化趋势也是相近的。只不过小中甸地区17世纪后期与18世纪前期的增暖比起西藏来要强得多，相形之下其它的偏暖期强度要弱些。

根据回归分析，我们可以给出年平均气温（ x ）与No.2年轮指数值（ y ）的关系式：

$$y = -1.4 + 0.43x$$

可以认为小中甸地区近400年来的长年气温平均值比最近20多年的年平均气温要高0.3℃，达5.7℃。最暖时期可接近8℃甚至更高些。而较冷的时期，常在5℃左右。象19世纪60年代中，就曾多次出现年平均气温为5℃，1950年只有4.9℃。在17世纪初，全国大部分地区较为寒冷，中甸一带亦不例外，年平均气温经常要比正常值低1.0℃左右。

1) 云南省气象局科研室：《云南近500年来水旱周期演变规律和未来十五年内水旱趋势估计》，1975年9月。

目前，该地气温已从寒冷期的低温向高温过渡。

我们还将表征温度和降水的这二个年轮序列，按平均离差($S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$ ，其中

n 为序列长度，这里取它们均为378； \bar{x} 为各个序列值 x_i 的平均值)的正负1.5倍和2.5倍为界限值，划分出5、4、3、2、1这五个等级来⁽⁵⁾，分别表示很暖或大涝，暖或涝，正常，冷或旱，很冷或大旱。然后，综合考虑它们的变化特征时，按这五个等级和距平状况，将每年的气候特征都归并成如下五种气候类型：高温高湿，高温低湿，正常，低温高湿和低温低湿，再按50年为一段时期（其中最早的和最晚的两段时期均不足50年），分别计算出各种气候类型出现的频次与百分率，详见表23—2。

表23—2 各种气候类型出现的频次与百分率

年 代	类 型	高温高湿		高温低湿		正 常		低温高湿		低温低湿		合 计	
		次	%	次	%	次	%	次	%	次	%	次	%
1603—1650		1	2	0	0	26	54	6	13	15	31	48	100
1651—1700		16	32	6	12	15	30	8	16	5	10	50	100
1701—1750		26	52	10	20	14	28	0	0	0	0	50	100
1751—1800		1	2	0	0	39	78	2	4	8	16	50	100
1801—1850		0	0	1	2	41	82	0	0	8	16	50	100
1851—1900		0	0	0	0	41	82	9	18	0	0	50	100
1901—1950		1	2	0	0	45	90	1	2	3	6	50	100
1951—1980		1	3	0	0	21	70	2	7	6	20	30	100

高温高湿型以18世纪前半期最盛，其百分率超过50%，最近200多年来则很少出现。而低温低湿型在17世纪出现较多，尤其前半期出现的百分率在30%以上，其次是最近30年，百分率也达20%。

从本世纪出现的气候类型来看，基本上以正常为主，尤其是前半期。目前，降水仍偏低，但温度已回升，亦应归入高温低湿型。这种类型的气候将维持多久，还需进一步探讨。

此外，对No.1和No.2进行了功率谱计算，适当辅以滤波处理，从而得知这两个序列中存在的若干周期。象二年左右的周期，在二个序列中都表现得很清楚，这与气象记录中普遍存在的“准两年脉动”是吻合的。此外，计算出有11年和22年左右的周期，30多年的周期，126年的周期等等。所有这些大都与青藏高原的年轮分析结果相近⁽⁶⁾，其中2—3年，22年及30多年的周期亦为我国东半部大部地区气候变化规律是一致的⁽⁷⁾。

参 考 文 献

[1] M.A.Stokes and T.L.Smiley, An Introduction to tree-Ring Dating,

The University of Chicago Press, Chicago and London 1968

- [2] H.C.Fritts. Tree Rings and Climate, Academic Press 1976
- [3] 吴祥定等:《树木年轮取样与西藏南部地区气候变化》,于《气候变迁和超长期预报文集》科学出版社,1977
- [4] 吴祥定、林振耀:《西藏近代气候变化及其趋势的探讨》,于《科学通报》Vol.23, No.12, 1978
- [5] 吴祥定、林振耀:《青藏高原近二千年来气候变迁的初步探讨》,于《全国气候变化学术讨论会文集》(一九七八年),科学出版社,1981
- [6] 吴祥定、林振耀:《历史时期青藏高原气候变化特征的初步分析》,于《气象学报》卷39No.1(1981)
- [7] 王绍武、赵宗慈:《近百年来我国的气候变化与全球大气环流》(同[5])

THE CLIMATIC CHANGE AND TREE-RING ANALYSIS IN THE HSIAO ZHONGDIAN AREA OF THE YUNNAN PROVINCE

Wu Xiangding Lin Zhenyao

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

In this paper, authors have pointed out the importance of multi-specimens in dendroclimatological work with some facts. As regards the selection of specimens, the tree-cores have been adopted in the Hsiao Zhongdian area.

Because most dendroclimatic work in China has been done by using cross sections, so the multi-analysis and dating could not be emphasized before. In order to get the reliable tree-ring series to indicate the climatic change in the area, a new approach has been tested. It means that every group of our specimens has included 20 cores or so and two cross sections in the same site. The methods about sampling and dating and reconstructing have been discussed as well. As a result of analyses, we have given two series; one is considered as the temperature variation curve, the other shows the rainfall fluctuation.

In addition, some main characteristics of climatic change in the area have been mentioned, such as the periods of warm and cold, the patterns of drought and flood, periodicity, etc.

24. 泸沽湖水文特征的初步分析*

季 江 范云崎

(中国科学院南京地理研究所)

泸沽湖位于云南省的西北部，地理位置为北纬 $27^{\circ}41'$ — $27^{\circ}45'$ ，东经 $100^{\circ}45'$ — $100^{\circ}50'$ ，属云南省的宁蒗、四川省的盐源二县共辖。

一、水系及流域概况

泸沽湖是一个外流淡水湖泊，属金沙江水系，湖面海拔2690.7米。湖泊略呈北西—东南走向，长约9.4公里，平均宽5.2公里，湖泊面积48.45平方公里。湖泊集水面积171.4平方

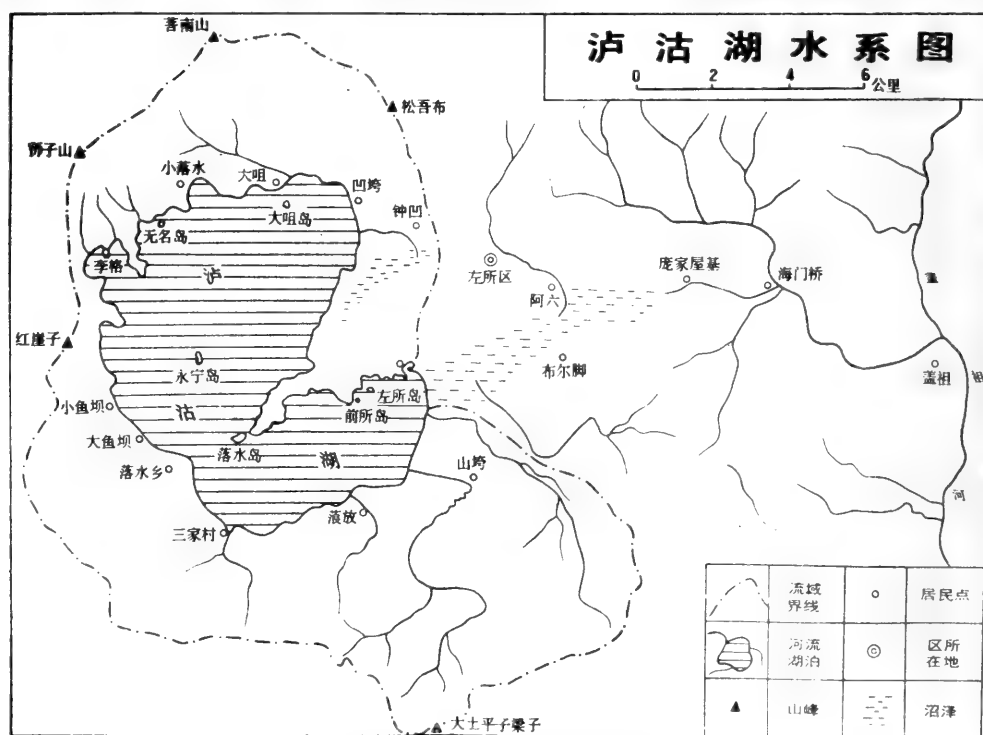


图24—1 泸沽湖水系图

*参加野外考察的还有高礼存、庄大栋、王苏民、黄宝仁、潘红玺等同志；本文编写过程中，承袁静秀、王银珠等同志提出宝贵意见；周维功、张辉玉、张立仁等同志协助绘图及量算，在此一并致谢。

公里。集水面积与湖泊面积的比值（即湖泊补给系数）仅为3.54，这在我国其他地区的湖泊中尚属罕见（见图24—1）。

泸沽湖属巴颜喀拉地槽区，金沙江褶皱系。湖区古生代及中生代地层发育，而第四纪地层仅见湖边之砂砾层，无典型的湖相沉积。湖周断崖三角面及U型冰川谷地形到处可见，因此，该湖湖盆系由断陷及冰川作用而成¹⁾。由于受构造运动的影响，湖盆四周群山环抱，湖岸多半岛、岬湾，湖中又分布着落水、永宁、大咀、前所、左所海堡和无名等六个小岛。

除少量泉水外，湖水主要靠雨水补给。根据泸沽湖区有关雨量台站的资料，多年平均降水量，宁蒗为913.6毫米，永宁为917.9毫米，八二桥为959.4毫米。地方水利部门曾于1960年在泸沽湖落水村积累6—12月共7个月的降水资料。把这个资料与同期的上述周围台站进行对比后发现，泸沽湖流域的降水量略高于该湖流域的外围地区，多年平均降水量约为1000毫米左右。其中全年降水量的85%左右集中在6—9四个月。由于泸沽湖的集水面积不大，故入湖河道都十分短小。较大的有由东岸汇入的山垮河和南岸汇入的三家村河。因此，临时性的沟溪汇水和区间坡面漫流是湖水补给的一种主要形式。显然，这是提高该湖的陆面径流系数值，进而导致湖泊补给系数较小的重要原因之一。湖水的出口在东岸，每年6—10月份，湖水经东侧的大草海及盖祖河排入雅砻江。出湖流量汛期达3—5米³/秒，10月份以后排流量甚小，每年1—5月湖水基本没有外泄。因此，泸沽湖可以认为是一个半封闭的湖泊。

据临近的宁蒗县气象站资料，本湖区多年平均气温约为12.8℃，历年最高月平均气温约19.3℃（7月份）；最低月平均气温约4.3℃（1月份），气温的年变幅不大。湖区由于降水集中，干、湿两季分明，每年的6—10月为雨季，蒸发较小；11月至翌年的5月为干季，蒸发旺盛，如图24—2所示。

二、湖水热状况

湖水温度是湖泊中重要的物理要素之一，湖泊的热学状况可以通过湖水温度的分布和变化进行研究。

为了探讨泸沽湖水温的时空变化规律，1981年6月14—26日，对湖水的温度状况进行了全湖性的现场观测。共设18个测点，并进行了一次48小时的定点（第12

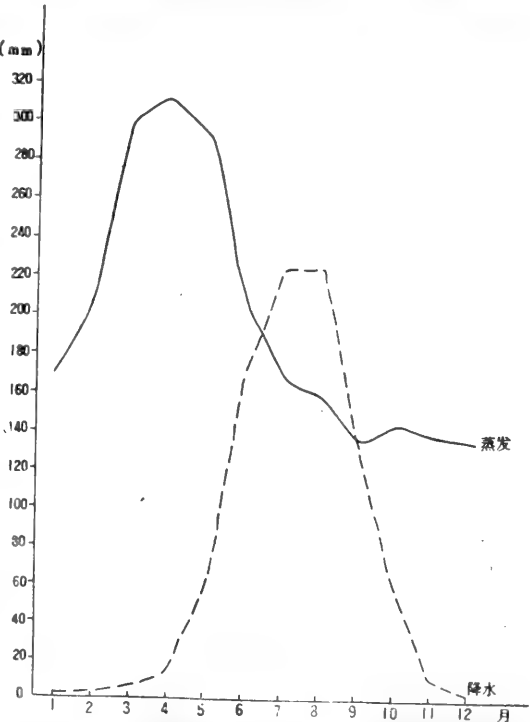


图24—2 宁蒗县气象站多年平均降水蒸发图

1) 根据中国科学院南京地质古生物研究所黄宝仁同志1981年资料。

号点)连续观测。在水温观测的同时,还进行了测点水面以上1.5米处大气的温、湿、风等气象要素的观测。测点分布如图24—3所示。

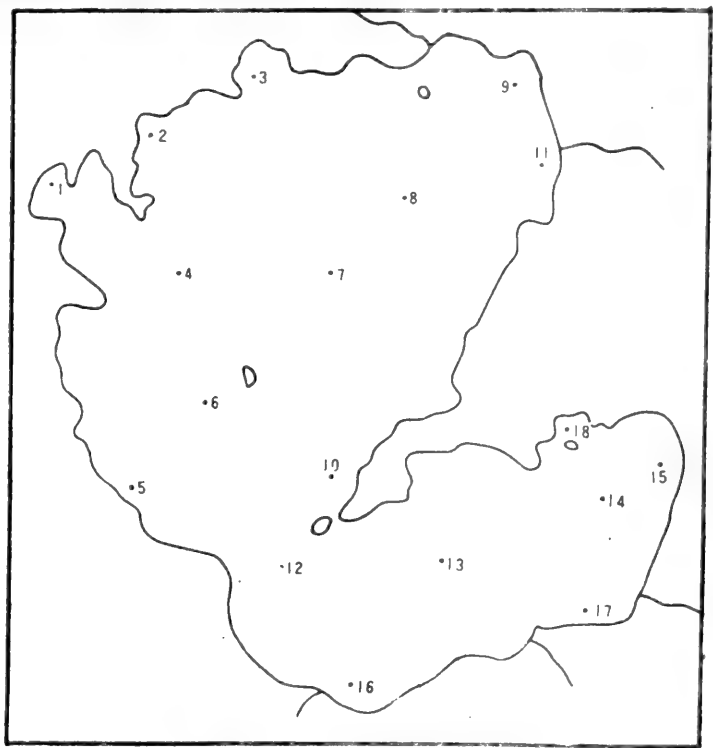


图24—3 泸沽湖测点分布

(一) 水温的日变化

太阳辐射是引起泸沽湖表层水温日变化的主要因素。所以,虽然水温的日变幅比气温要小,但二者的日变化过程类似。从1981年6月21日湖表层水温(水深0.1米处)最高、最低水温的日变化过程线(见图24—4)可以看出,泸沽湖表层(水深0.1米处)最高、最低水温出现的时间约迟后于最高、最低气温出现时间2—4小时。即最高气温出现在14—16时,最低气温出现在6—8时;而最高水温出现在16—18时,最低水温出现在8—10时。

敞水区定点连续观测的水温与气温(图24—4)以及在岸边进行的几天气温与水温观

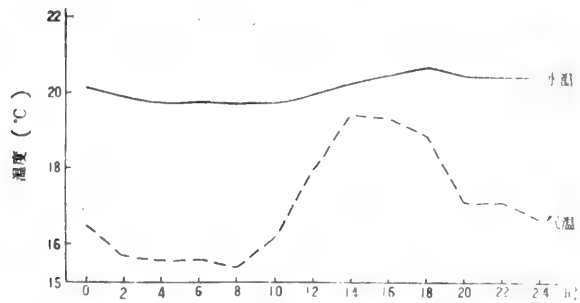


图24—4 泸沽湖1981年6月21日水温和气温的日变化

测资料(表24—1)都发现,虽然水、气温度的日变化过程总趋势一致,但日平均水温却高于日平均气温。这是因为观测期已属雨季,太阳的辐射量有一定减小,气温相应亦略有下降,而在4—5月份的晴朗天气中已经长期得到增温的湖水,由于热容量大,降温缓慢,观测时几乎仍维持原有的量值。

表24—1 泸沽湖气温及水温观测资料

日期	项目	时间							天 气	备 注
		8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00		
16	气 温	16.8			19.7			16.8	晴—少云	岸 边
	水 温	18.3			23.3			20.1		
21	气 温	15.4	16.1	17.9	19.4	19.3	18.7	17.1	多云—阴	敞水区
	水 温	19.7	19.7	19.9	20.2	20.4	20.6	20.4		
22	气 温	16.2	17.1	19.5	20.9			15.4	多云—雨	敞水区
	水 温	20.3	20.3	20.6	21.6			20.1		

敞水区的水温日变幅仅1℃左右。然而,在近岸带却要大得多。例如,据6月16日观测,仅白天的变化幅度就达5℃以上(表24—1)。显然,这是因为近岸浅水区的湖水受岸边自然条件的影响较大,易于增温和冷却所致。

(二) 水温的垂直分布

湖泊由于受风力的影响,并以涡动传导的形式,将表面的一部分太阳辐射热量向下传播。根据全湖18个测点,以及在敞水区进行的48小时定点连续观测资料绘制的水温垂直分布曲线(见图24—5)可以看出,泸沽湖夏季垂线水温,呈明显的正温层分布。由湖面到湖的底层,水温呈现不均匀地递减趋势。增温期间太阳辐射较强,湖上层水温剧升,而风力的搅动引起的涡动传导却只能影响一定的深度。从而出现明显的三层结构,即湖上层、温跃层和湖下层。湖上层为暖水层,由于太阳辐射和风的混合作用,温度既高又均匀,一般在19—20℃之间,水层厚8米左右。全湖实测资料表明,温跃层的平均厚度为16.6米,平均深度为14.4米。跃层内水温随深度的变化很快,最大的温度梯度可达1.1℃/米(如图24—6),平均强度为0.58℃/米。

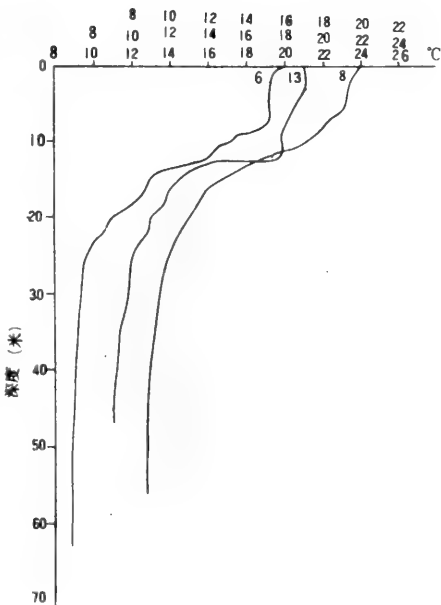


图24—5 泸沽湖水温的垂线分布

下界温度一般为11—12℃（上、下界的取值范围为温度梯度 $\frac{\Delta T}{\Delta H} \geq 0.2^\circ\text{C}/\text{米}$ （其中 T 为水温，H 为水深）¹⁾。湖下层一般在25米以下，全层水温10℃左右，最低可达8.9℃，为低温均匀层。跃层的位置不是固定不变的，在下风端，由于表层的堆积，温度一般要高于上风端（如图24—7）。

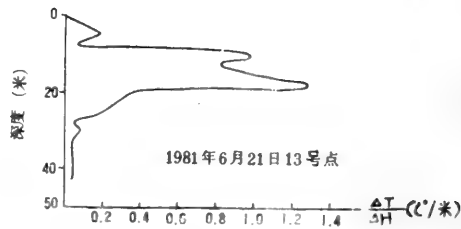


图24—6 泸沽湖水温梯度随深度的变化

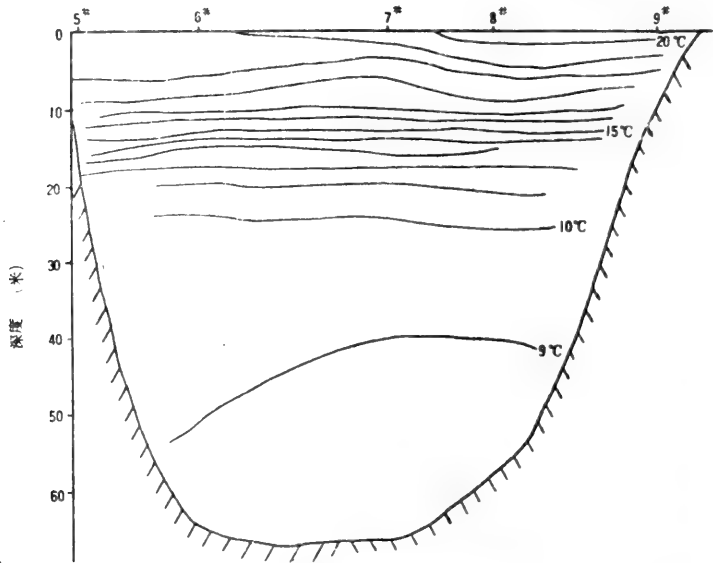


图24—7 泸沽湖温度分布断面图

从而使跃层的强度增大，上、下界的温度也较高。在风平浪静的晴天，温跃层的位置会上移，其上界位置约离水面3—5米；在风力较强情况下，温跃层的上界可下沉到水深11米左右，从而使跃层的强度增大。

泸沽湖水温垂直分布随着水深的增大，水温变化并不是一根光滑的曲线，常常在同一根垂线上同时出现几个温度跃层的现象。这是由于风力影响下的湖水混合交换强度，交替变化的结果。在风力较弱或静风时，湖表层就开始出现温跃层，强风作用时温跃层位置逐渐下沉，原来较小的跃层便相继消失。

三、湖 流

泸沽湖的湖流是采用ZD—3型直读式海流仪观测的。共在全湖18个流动点（参见图

1) 根据国家海洋局1975年编《海洋调查规范》[I]。

24—3) 上实测了深度2米、5米、10米、20米、30米、50米及湖底以上约2米处的各层次上流向、流速资料。在湖流观测的同时,还进行了水文气象、水生生物、水文化学及湖底沉积物等项目的观测、分析和采样。

实测资料表明,泸沽湖的湖流主要是风生流。至于由河湖水量交换引起的吞吐流,由于诸入湖河道十分短小,径流量不大,故仅在雨季各入湖河口附近见有水流扩散现象,但其影响的程度只是局部的和暂时的。

泸沽湖湖盆形态比较复杂,多半岛、岛屿和岬湾。东岸中部一个呈北东—南西向的左所半岛(相对高度120—310米)一直深进湖心,几乎和落水岛连成一体,将湖盆分成葫芦状的南北两部分。落水岛与落水乡之间最窄处距离仅有1.1公里。从湖区整个地势看,东岸和南岸相对比较低平,而北岸和西岸则较为陡峻。湖区的这种特殊的下垫面条件,甚至经常使南部湖区盛行的东南偏东风,在落水岛与落水乡附近进入北部湖区后,渐渐变成西南偏西风(如图24—8)。由于湖流的分布特征可以看作是长时段内作用在

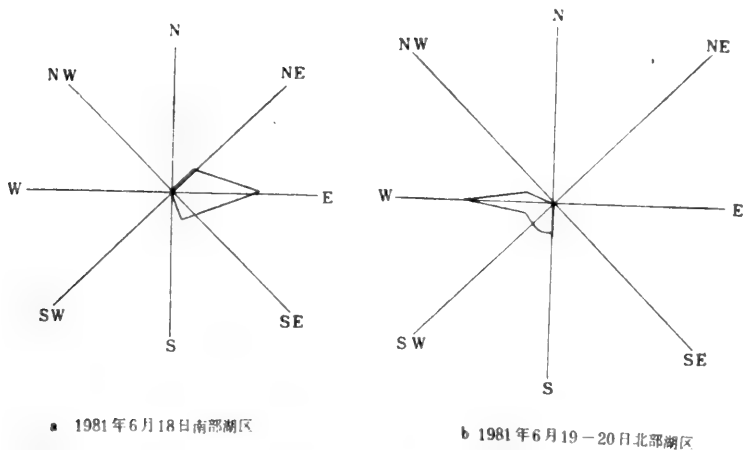


图24—8 泸沽湖南北湖区风向玫瑰图

湖区风场的平均特征的反映。因此,湖区的上述盛行风向特点,使泸沽湖的湖流,从总的方面来说,亦具有相对稳定的性质。如在南部湖区形成气旋式的环流,在北部湖区形成反气旋式的环流(如图24—9)。此外,由于地球自转引起的柯氏力以及湖岸的半岛、岬湾等阻尼作用,在湖湾和岛屿的外围也形成了局部地区的气旋式和反气旋式的若干小涡旋。可见,泸沽湖湖盆的形态,对湖流的影响是十分显著的。

一般说来,泸沽湖湖流的流速是很小的。表层实测最大流速仅10厘米/秒,30米水深以下的深层流速基本接近于零。

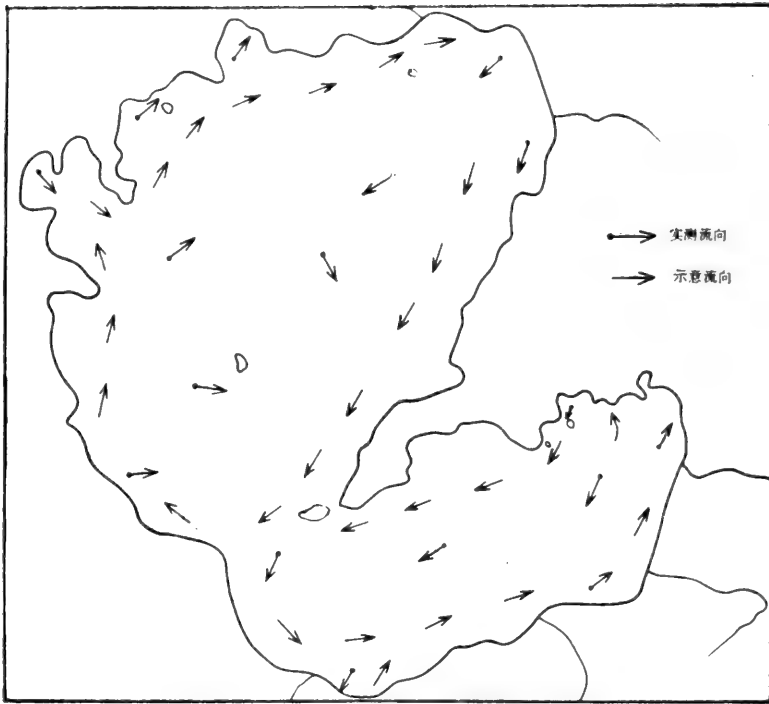


图24—9 泸沽湖表层湖流分布图

四、透明度与水色

透明度是表示湖泊水体清澈程度的一个量度，采用直径为30厘米的白色圆板（透明度盘）垂直沉入水中测量。水色则是观察沉入水体透明度一半深处透明度盘上部的水体所显示的颜色，再与由21种颜色组成的福祿尔水色计进行比较而确定。透明度与水色都是水体主要的光学性质，它们与湖水所含悬浮物质的数量、大小，浮游生物组成以及水的化学成分有关，因而，二者之间亦有一定的联系。一般来说，水色标号越小，则表示透明度越大。

泸沽湖系高原深水湖泊，湖周群山环抱，森林覆盖度大，并且由于湖泊的集水面积很小，所以，限制了湖水中所含陆源腐殖质、细微生物等悬浮物质的数量，加之湖泊支流短小，入湖径流比较分散，由河流携带入湖的泥沙、粘土等亦不多，故湖水透明度较大，水色标号较小。根据1981年6月份的实测资料，泸沽湖的广大水域透明度一般都在6.0—11.5米之间，最大可达12.0米（如图24—10）。水色标号一般在8—9号之间，最小仅为7号。因此，泸沽湖是我国已知最清澈的湖泊之一。

由于泸沽湖的湖盆形态比较复杂，水深、水草分布、湖中悬浮物质以及湖水补给来源的不同，在不同湖区的透明度和水色也是不同的。其特点是：①南部湖区的透明度小于北部湖区。主要原因是南部湖区水深较浅，水生植物分布面积又较大、腐殖质较丰富。同时，浅水区域水体的混和相对也比深水区要强烈，致使水体易于搅浑，悬浮物质难于

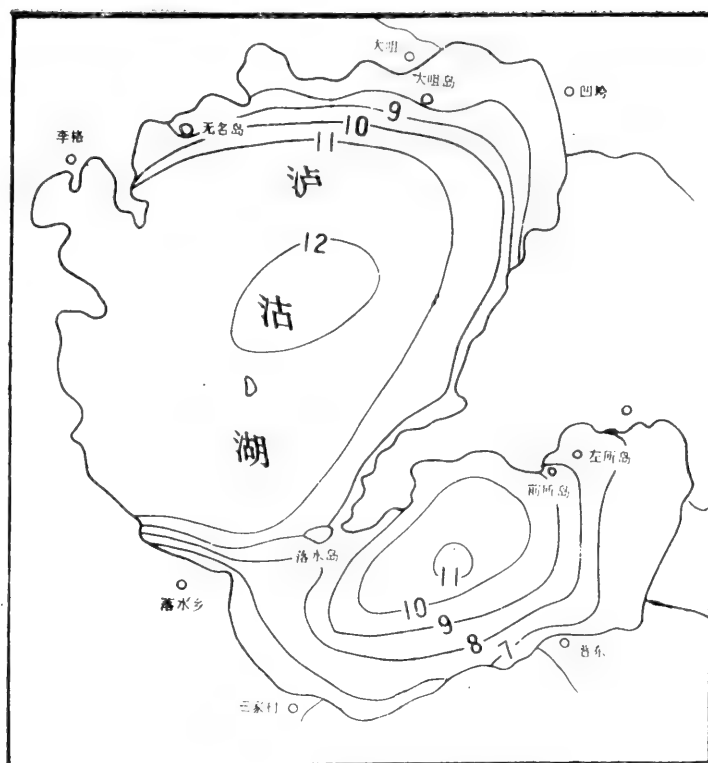


图24—10 泸沽湖透明度分布图

沉淀。②在沼泽区附近以及入湖河口处透明度均稍低于其他湖区，水色标号亦大。例如，近沼泽区水色一般为10号；在钟凹沼泽地的入湖河口附近，水色甚至达15号。其原因是，考察期间，正值雨季，地表径流将陆源腐殖质、泥沙等悬浮物质携带入湖，在河流入口近岸区形成100—150米宽的浑水带。③北部湖区的南、西、北岸地形陡峻，没有较大的河水入湖，所以，整个北部湖区是全湖透明度最大、水色标号最低的区域。

泸沽湖水色和透明度还有较明显的日变化过程。一般中午前后水色标号低、透明度较大（如表24—2）。这是因为透明度表示光线到达湖中的深度，而射入湖水的光源主要为太阳光线，中午前后，太阳高度角大，射入湖水的光线自然也就增多；反之，早晚的光线则较少。另外，湖中浮游生物分布随着湖水温度的早晚变化，其位置亦在不断变化着，无疑，这对水色和透明度也会有一定的影响。

表24—2 泸沽湖透明度与水色的日变化（1981.6.21）

时 间（时）	6	8	10	12	14	16	18	20
透 明 度（厘米）	650	840	750	730	810	620	650	630
水 色（号）	10	9	9	8	8	9	9	10

五、水量和水量平衡

泸沽湖是一个深水湖泊，实测最大水深93.5米，水深超过50米的湖区约占全湖面积的一半，平均水深为40.3米(见图24—11)，湖水总容积达19.53亿立米，超过了云南省第一大湖滇池的总水量(15.7亿立米)，与洱海的储水量(26.4亿立米)也较接近。因此，它不仅是一个风景秀丽的旅游胜地，还是一个水资源蕴藏量十分丰富的高山湖泊。

从泸沽湖的补给系数只有3.54可以说明，该湖是一个产流条件较好、湖水补给比较充沛，而水量损耗又相对较小的一个半封闭湖泊。为了评价泸沽湖的水资源在水利建设上的意义，必须首先讨论和研究湖泊的水量平衡。

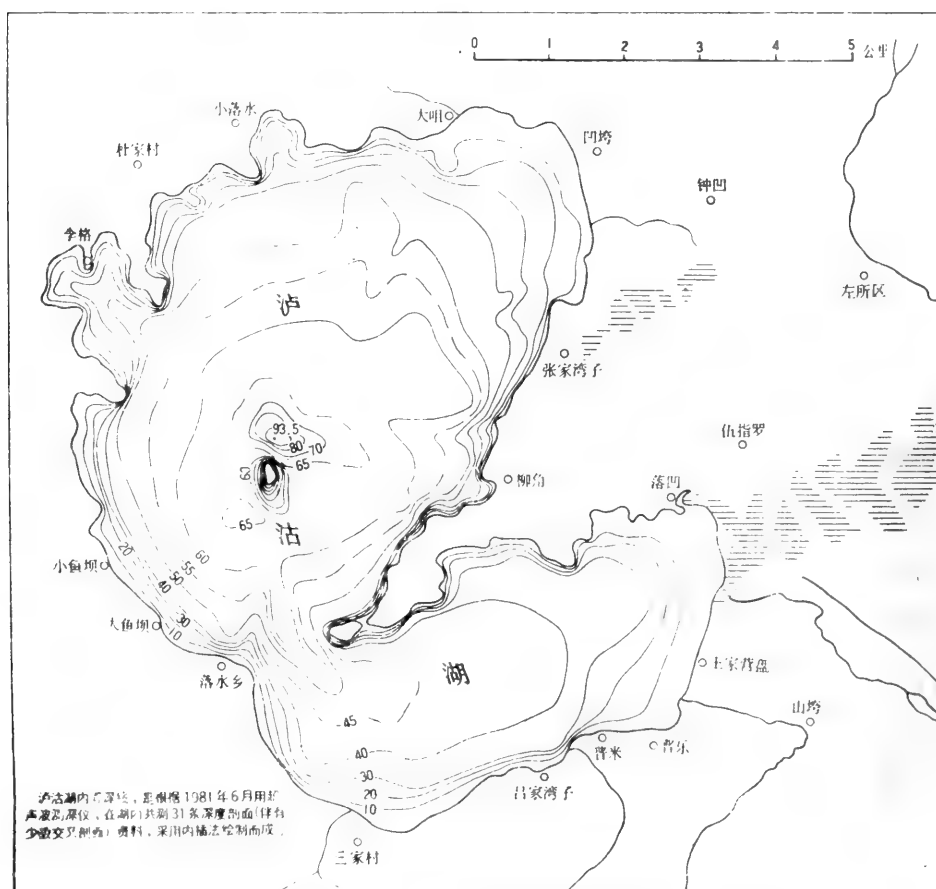


图24—11 泸沽湖湖底地形图

假设湖泊目前处于水平衡状态；地下进出流量相等；并且不考虑湖水支出项中的工农业用水量，则泸沽湖的水量平衡方程式有如下简单形式：

$$Q_x + Q_y = Q_z + Q_{y'}$$

式中： Q_x 为湖面上的降水量； Q_y 为入湖地面径流量； Q_z 为湖面上的蒸发量； Q_y' 为出湖地面径流量。

(一) 入湖水量

在泸沽湖周围有三个气象站积累长期降水观测资料。各站多年平均降水量是：八二桥站（海拔2440米）959.4毫米（1963—1979年）；永宁站（海拔2640米）917.9毫米（1963—1979年）；宁蒗站（海拔2240.5米）913.6毫米（1959—1980年）。上述台站多设在海拔较低的坝区和河谷地带，故降水量值比泸沽湖区要偏低。云南省水文总站1971年10月编的《云南省水文手册》之图1标明，本湖区年降水量在1000毫米等值线范围内。显然这是符合客观情况的。经研究，拟采用流域平均降水量按1000毫米计算，则求得湖面年平均降水量为0.48亿立方米，或 $1.54\text{米}^3/\text{秒}$ 。

另据《云南省水文手册》之图6查得，本流域径流系数大致处于0.4这个平均值范围以内。影响径流系数的因素很多，首先是气候因子，其次是下垫面条件。一般降水量越大、下垫面条件越利于径流形成，则径流系数值亦越大。与周围地区相比，泸沽湖流域由于海拔明显偏高，从而降水偏大、蒸发较小，加之湖区地形封闭、陡峻，入湖径流又以坡面漫流为主，因此，其径流系数值应大于上述平均数。经研究，流域陆面径流系数拟采用0.5为宜。据此，求得入湖地面径流量为0.62亿立方米，或 $1.95\text{米}^3/\text{秒}$ 。这样则得湖水的多年平均总收入量为1.10亿立方米，或 $3.49\text{米}^3/\text{秒}$ 。

(二) 出湖水量

先确定湖面蒸发量。

湖面蒸发量的确定是水量平衡计算中的关键。由于没有直接观测的泸沽湖湖面蒸发资料，故拟采用间接的办法推算。目前可以参考的资料主要是：

(1) 1981年12月云南大学与云南省气象局在《云南省水面蒸发量的计算方法》一文中，根据云南省的具体情况，利用修正的（主要考虑海拔高度对蒸发的影响）日本学者高桥浩一郎水面蒸发量计算公式，算出最接近湖体的宁蒗站多年平均水面蒸发量为1242.3毫米。

(2) 从《云南省水文手册》之图8查得湖区年蒸发量（80厘米口径套盆式蒸发器）约为1500毫米。据国内有关部门研究结果，由80厘米口径蒸发器的观测值折算成天然水体的蒸发量的折算系数，在云南地区约为0.80—0.85。因湖区处于高山区，蒸发量应偏小，故拟采用折算系数0.8。这样便求得湖面蒸发量为1200毫米。

显然，上述二数是相当接近的。若采用其平均值1221毫米计，则多年平均湖面蒸发水量为0.59亿立方米，或 $1.88\text{米}^3/\text{秒}$ 。

出湖地面径流量，目前尚无完整的观测资料，根据当地公社干部及出口处海门桥电站的技术人员反映，多年平均在1个流量以上。本节若将入湖水量减去湖面蒸发量以后，可间接算出多年平均出湖地表径流量为0.51亿立方米，或 $1.61\text{米}^3/\text{秒}$ 。由于没有考虑湖区的农田灌溉提水量，以及由于泸沽湖的地势较周围相邻流域要高，从而实际上可能有较大的地下出流量等因素，这个数字是偏大的。因此，实际的出流量将与当地有关人员提供的数据大体相符。

表21—3仅是从大账来说明泸沽湖水平衡状况。当然，要确切地算清进出湖水的量

值，目前尚有许多困难。这一方面是因为在确定降水量、蒸发量等项上，还多少有些主观成分，更主要的是在确定地下水进出量方面一时还存在技术上的困难。

表24—3 泸沽湖流域多年平均水量平衡表

入 湖 水 量	面 积 (平方公里)	水 量		出 湖 水 量	面 积 (平方公里)	水 量	
		亿立米	米 ³ /秒			亿立米	米 ³ /秒
湖 面 降 水 量	48.45	0.48	1.54	湖 面 蒸 发 量	48.45	0.59	1.88
入湖地面径流量	122.95	0.62	1.95	出湖地面径流量		0.51	1.61
合 计		1.10	3.49	合 计		1.10	3.49

然而，我们从这个简单的水平衡分析中，可以得出一个明确的概念，即该湖泊虽然存在着很大的湖水静储量，但其进出水量仅占湖水总容积的5.6%，即湖水的动储量是非常有限的。而且，其中一半以上的水量又为湖面蒸发所消耗，因此，这个湖泊大规模水电建设的前景是不大的。因为任何较大规模的开发利用方案都必将不可避免地要动用大量的湖水静储量，从而使湖水水位急剧下降，这就必将显著地破坏已经平衡着的湖区生态环境，从而带来一系列恶果。

主 要 参 考 文 献

[1] 施成熙 (1959)：《陆地水文学》(上册)，科学出版社。
[2] L.W.高莱 (1959)：《湖沼学》科学出版社。
[3] Б.Б.波果斯洛夫斯基等 (1958)：《湖沼学概论》科学出版社。
[4] Л.К.达维道夫 (1958)：《苏联水文地理》科学出版社。

PRELIMINARY ANALYSIS ON THE HYDROLOGIC
CHARACTERISTICS OF LAKE LUGU

Ji Jiang Fan Yunqi

(Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

Lake Lugu, lying within the Jingshajiang River basin, is a semienclosed fresh water lake in high mountains. Its catchment area covers about 171.4km², while its surface area is 48.45km² and its storage capacity 1,953 millm³. This lake is of both glaciation origin and fault origin. The whole lake area have two distinct seasons, the rainy season and the dry season. The annual precipitation amounts to 1,000mm with 85% being concentrated on June to Sept.

In summer, the daily maximum and daily minimum temperatures of lake surface appear respectively at 14—16 and 8—10 o'clock 2—4 hours later

than that of atmospheric temperature. The daily temperature range is only about 1°C in the open water, but over 5°C near the lake shore. The vertical distribution of water temperature is very obvious, which assumes three-stratum structure. The epilimnion is about 8m in thickness where the temperature is $19\text{--}20^{\circ}\text{C}$. The average thickness of metalimnion reaches up to 16.6m, with its biggest gradient over $1.1^{\circ}\text{C}/\text{m}$. 25m below the surface is the hypolimnion with the water temperature ranging from 8.9°C to 10°C .

The lake current results mainly from wind, but the morphology of the lake basin also plays a significant role. The largest current velocity of epilimnion is 10cm/sec, but at the depth of 30m lake water the velocity approaches almost to zero. The transparency of the lake water approximates to 12m while the water colour is 8—9.

Calculated according to the equation of water balance, the annual mean precipitation of the lake surface is 48 mill m^3 ; the mean evaporation capacity is 59 mill m^3 ; the runoff volume of surface water flowing into the lake is about 48—61 mill m^3 , but that flowing out of the lake is about 37—51 mill m^3 . Although the lake has a rich store of water, yet its positive reserve is very small, half of which was consumed by evaporation. Thus the lake's prospects are poor for the construction of hydroelectric stations on a large scale.

25. 泸沽湖水化学特征*

潘红玺、胡洪云、胡文英

(中国科学院南京地理研究所)

泸沽湖又名落水海子, 位于东经 $100^{\circ}45'$ — $100^{\circ}51'$, 北纬 $27^{\circ}41'$ — $27^{\circ}45'$ 之间; 地跨云南省宁蒗、四川省盐源两县。湖泊略呈西北—东南走向, 南北长约9.4公里左右, 平均宽为5.2公里, 面积约48.45平方公里, 平均水深40米, 最大水深达93.5米。

泸沽湖水化学野外考察工作, 从1981年6月18日开始至26日结束。湖体除布设了18个采样点(见图25—1)外, 还在南、北水域交界处第12测点进行了24小时的定点连续观测。水样的采集一般分表(湖面下0.5米)、底(湖底上0.5米)两层, 垂直剖面上的测点分0.5米、5米、10米、20米及底层分层采集, 共取得湖水样品42个。此外, 还采集了流域内的河水、泉水样品11个。

泸沽湖的水化学分析工作, 除pH值、Eh值、溶解氧、游离二氧化碳在现场测定外, 主要离子、营养元素均采样固定后在室内分析, 分析方法主要参照“水质分析法”一书进行。

一、矿化度和水型

(一) 矿化度

泸沽湖矿化度一般在 $200\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 左右, 系一弱矿化的淡水湖。调查期间表层湖水矿化度实测值为 178.64 — $194.95\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$, 底层湖水矿化度实测值为 187.66 — $206.58\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 。

湖水矿化度的平面分布特点为: ①以半岛、小岛为天然分界线, 将湖面分为南北两部分, 南部水域较北部水域矿化度略低些。②南部水域各测点矿化度差异明显, 变幅较大, 矿化度等值线较密; 北部水域各测点之间分布比较均一, 变幅较小, 矿化度等值线较疏。③南北两水域矿化度的分布都具有由湖四周向湖心逐渐增高的变化趋势。

湖水矿化度的垂直分布一般是随着水深的增加而增高。但是, 矿化度的极低值往往不是出现在表层, 而是在水深10米处(见图25—2)。多数测点湖水矿化度底层比表层高 $10\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 左右。少数测点水浅, 表、底层湖水得到充分交换, 矿化度大致相等。

矿化度具有一定的年际变化, 据实测资料: 1978年6月为 $214.58\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$, 1981年

* 本文由潘红玺同志起草, 胡文英同志改写定稿。文中插图由朱玲茹同志清绘。参加野外湖泊考察的还有高礼存、范云崎、庄大栋、王苏民、黄宝仁、李江等同志。

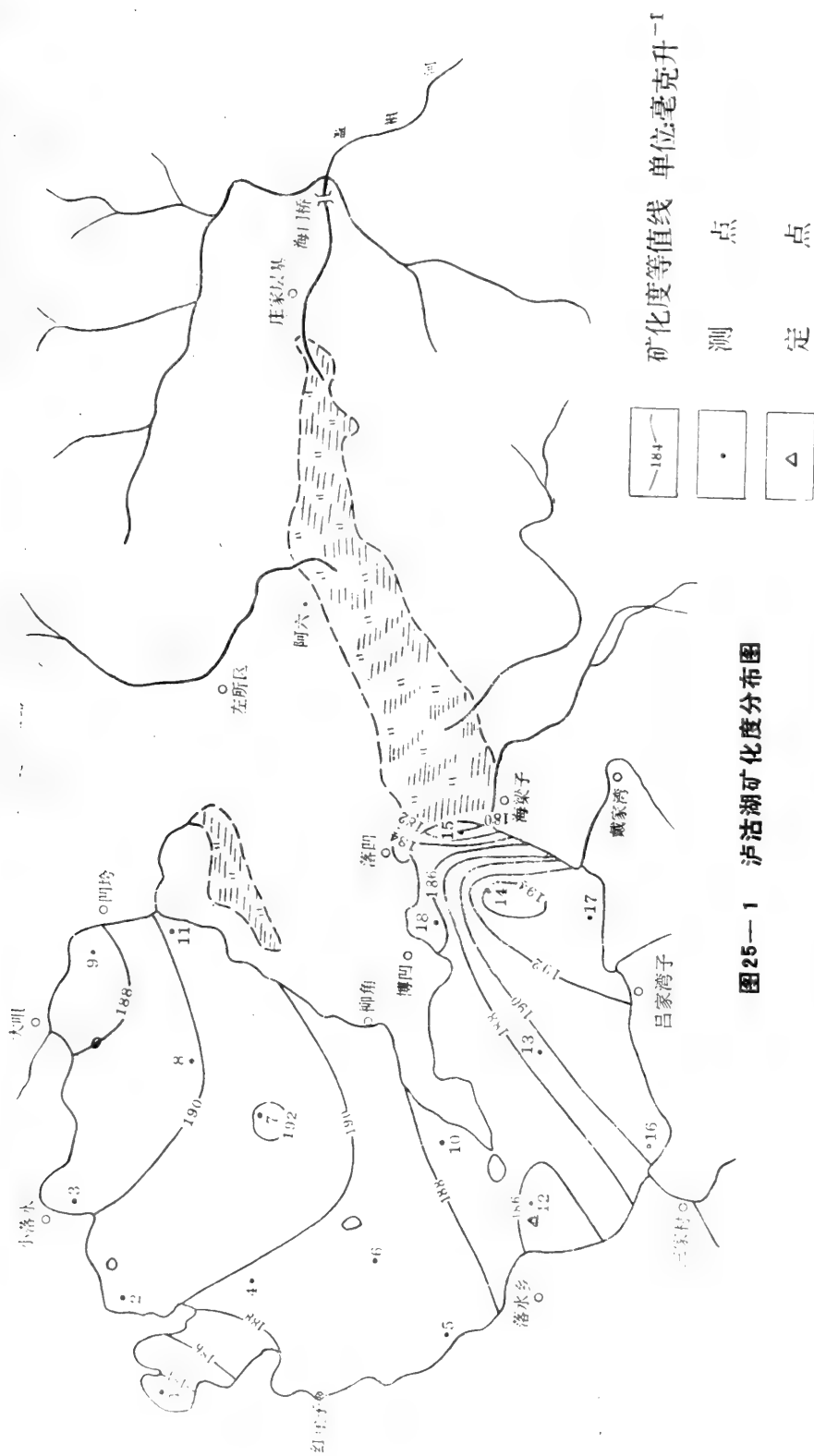


图 25—1 泸沽湖矿化度分布图

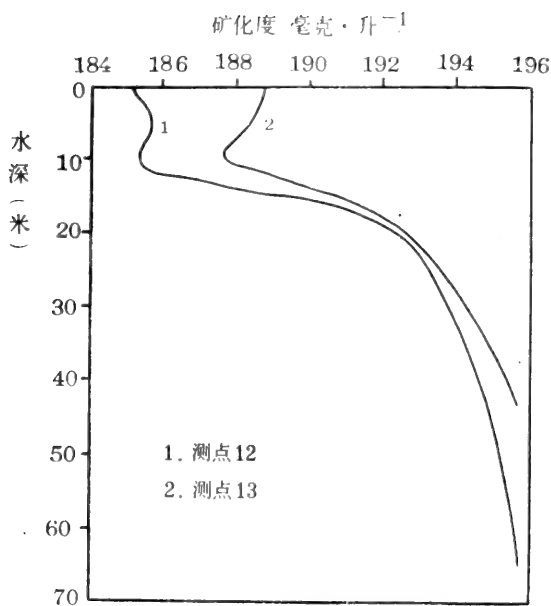


图25—2 矿化度垂直分布

酸盐标准情况相比较，钾离子低一倍，硫酸根低九倍，而钙、镁离子的相对含量却高得多。

主要离子在湖水中的平面分布大致有三种情形：①重碳酸根、钙离子的分布与矿化度基本一致，具有由湖四周向湖心递增的变化趋势。②镁离子的含量南部水域略高于北部水域。③硫酸根、碳酸根、氯根、钾、钠离子的分布比较均一，仅沿岸个别测点硫酸根离子含量略高些。

主要离子在湖水中的垂直分布特点是：重碳酸根、钙离子的含量一般随着水深的增加而增高，碳酸根的含量则随着水深的增加而降低。其它主要离子一般不随水深的增加而变化。

(三) 主要影响因素分析

(1) 气候是影响矿化度和水型的主导因素。泸沽湖属云贵高原西南季风区，每年从5月开始至10月止为雨季，其中以6—9月降水最为集中；11月至翌年4月为旱季。多年平均降水量为930毫米左右，而多年平均蒸发量达1200毫米。上述湿润带季节性干旱的气候条件，决定湖水矿化度比位于干旱、半干旱区湖泊低得多，而又略高于湿润区湖泊。此外，因湖面海拔高达2690.7米，多年平均气温仅为12.78℃，使区内岩石风化、淋溶以及元素的迁移均受到一定的限制，故泸沽湖水矿化度又比云贵高原湖区其它湖泊略低些。

(2) 岩性是影响矿化度和水型的另一重要因素。泸沽湖四周除有玄武岩、硅质页岩、硅质灰岩分布外，还多石灰岩分布。石灰岩中可溶性的碳酸盐成份，在空气中二氧化碳及降水作用下，易被溶解进入湖中，导致湖水中重碳酸根、钙、镁离子明显增高。又因石灰岩中主要以碳酸钙成份为主（CaO42.6%、MgO7.9%），所以湖水中钙离子比镁离子的含量高一倍左右，湖水属重碳酸盐类钙组I型水。

6月为188.41毫克·升⁻¹，前者比后者高20毫克·升⁻¹之多。

(二) 水型

泸沽湖湖水中的主要离子以重碳酸根、钙离子为主，分别占阴阳离子毫克当量总数的81.8%、52.6%。以毫克当量计其离子顺序为： $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ ； $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-}$ 。按照O、A、阿列金分类法泸沽湖水应属重碳酸盐类钙组I型水，即 $\text{C}_{\text{I}}^{\text{Ca}} \frac{1.98}{0.19}$ 。

泸沽湖湖水中主要离子组成具有自己的特点，其毫克当量比值为： $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} : \text{Na}^+ : \text{K}^+ = 27.84 : 14.25 : 9.97 : 1$ ； $\text{HCO}_3^- : \text{SO}_4^{2-} : \text{Cl}^- = 7.44 : 0.16 : 1$ 。与王祖熊先生在研究梁子湖湖沼学资料中所述重碳酸

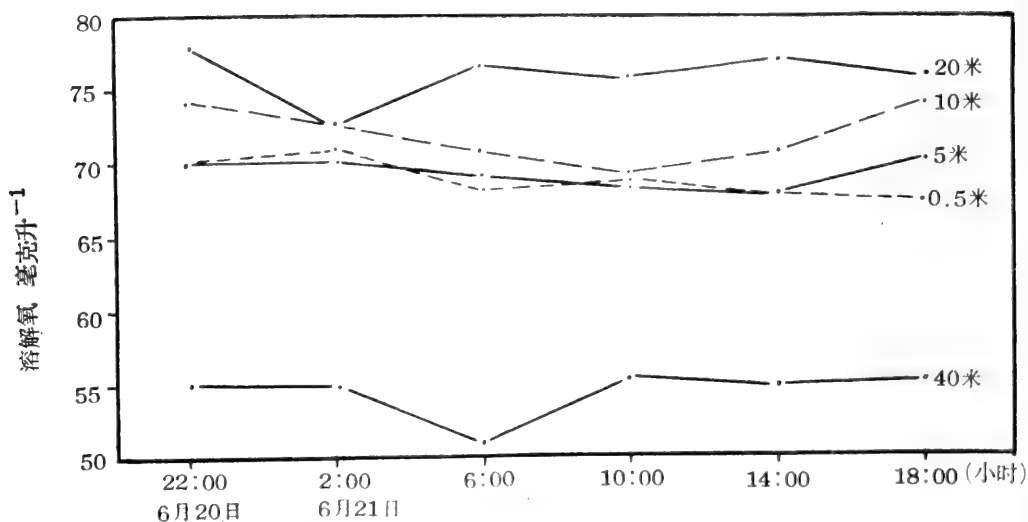


图25—3 溶解氧昼夜变化曲线
(1981年6月20—21日)

归纳起来，泸沽湖溶解氧具有如下特点：

①泸沽湖溶解氧的绝对含量较低，不仅低于长江中下游湖区湖泊，也比云贵高原湖区其它湖泊略低些(如表25—2)。其原因可能与湖面上氧分压有关。泸沽湖湖面海拔2690.7米，

表25—2 泸沽湖溶解氧与其它湖泊比较

湖 名	泸 沽 湖	抚 仙 湖	太 湖
湖 面 海 拔 (米)	2690.7	1721	3
水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	19.7	19.7	18.7
溶解氧(毫克·升 $^{-1}$)	6.54	7.42	8.96

多年平均气压为776.6毫巴，不仅低于平原地区的湖泊，而且比抚仙湖还低100多毫巴。由于大气压低，从空气中溶入湖水中的氧气就少得多。但经过温度、压力等换算后的溶解氧饱和度并不低，表层一般为95%以上，而在5—10米水深处溶解氧饱和度在100%左右。②泸沽湖的水深条件及温跃层的存在，使溶解氧的垂直分层更为明显。至於在温跃层以下的20米水层处出现溶解氧最高值的原因可能与该水层水温突然降低，溶解氧饱和度低，能溶入更多的氧气有关。加上，泸沽湖透明度大，在水深20米处仍然可以进行光合作用，产生的氧气因温跃层阻隔，不易释放至表层水中所致。③泸沽湖沉水植物和浮游植物较丰富，这些植物的光合作用使湖水中溶解氧增高。在植物密集的水域，如15号测点湖水溶解氧高达9.09毫克·升 $^{-1}$ ，较其它测点高2毫克·升 $^{-1}$ 之多。由于光合作用主要在10—20米水层处进行，该水层与其它水层相比，溶解氧含量比较丰富，昼夜变化也较明显。

(二) 游离二氧化碳

泸沽湖水深10米以上水层中均未见有游离二氧化碳存在。10米以下水层，游离二氧化碳含量随着水深的增加而增高，见表25—3。底层湖水中，游离二氧化碳实测最高值为3.96毫克·升⁻¹，并且有由湖四周浅水区向湖心含量逐渐增高的平面分布趋势。

表25—3 游离二氧化碳的垂直变化

含量(毫克·升 ⁻¹) 水深(米)	测点	6	7	12	13
0.5		0.0	0.0	0.0	0.0
5.0		0.0	0.0	0.0	0.0
10.0		0.0	0.0	0.0	0.0
20.0		0.67	0.44	0.0	0.44
40.0			2.65		
底		3.96	3.72	1.74	2.65

游离二氧化碳含量低的原因：①泸沽湖海拔较高，湖面上二氧化碳分压小，因而从空气中溶入湖水中的游离二氧化碳量就少。②湖水pH值较高，为8.40—8.62，此时湖水中有碳酸根离子存在。湖水中的碳酸根离子与进入湖水中的二氧化碳迅速化合，生成重碳酸根离子，即： $\text{CO}_2 \uparrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$ ，使10米以上水层未检出游离二氧化碳。③底质中虽有一定的有机物质及生物残体，因水温低，分解较缓慢，故底层湖水中游离二氧化碳含量也不高。

(三) pH值和Eh值

(1) pH值

泸沽湖水体pH值较高，10米以上水层为8.4—8.62，10米以下水层为7.7—8.4。湖水总酸度为0—0.09毫克当量·升⁻¹，总碱度为2.2毫克当量·升⁻¹左右。

pH值的平面分布表层湖水比较均一，而底层湖水具有由湖四周浅水区向湖心递减的趋势。pH值的垂直分层较明显，一般随着水深的增加而逐渐降低，如表25—4。

(2) Eh值

泸沽湖水氧化还原电位Eh₇值，表层为410—450毫伏，底层为300—400毫伏，表层略高于底层，整个湖泊水体处于氧化状态。

Eh₇值的平面分布表层比较均一，底层也具有由湖四周浅水区向湖心深水区递减的趋势。

Eh₇值的垂直分布是随着水深的增加，Eh₇值逐渐降低，底层比表层低50毫伏左右。

表25—4

pH、Eh值垂直分布

测点	水深 (米)	水温 (℃)	pH 值	Eh 值	Eh ₇ 值	rH 值
6	0.5	19.4	8.6	317.3	413.3	27.77
	5.0	19.1	8.5	307.5	397.5	27.25
	10.0	17.2	8.4	308.8	392.8	27.09
	20.0	11.1	8.3	308.1	386.1	26.87
	底	8.9	7.8	304.6	363.4	25.75
7	0.5	19.7	8.6	317.2	413.2	27.77
	5.0	18.2	8.55	307.9	400.9	27.36
	10.0	16.9	8.45	309.1	396.7	27.20
	20.0	10.5	8.3	308.6	386.6	26.89
	40.0	8.9	7.9	305.6	365.0	25.99
	底	8.9	7.7	303.6	361.8	25.52

三、湖水营养状况

(一) 营养元素

湖水中氮、磷、铁、硅等元素的含量与变化,和水生植物的生命活动息息相关,故称“营养元素”。

泸沽湖湖水中营养元素的含量普遍较低,其中铁未检出,无机氮仅为0.09—0.11毫克·升⁻¹,磷、硅含量略高些,现分述于下。

(1) 无机氮

无机氮在湖水以氨态氮存在形式为主,硝态氮次之,亚硝态氮最少,如表25—5。调查期间各测点含量差异较大,平面分布呈现出不均一性。垂直分布不太明显,多数情况下,表层含量略高于底层。

表25—5

湖水中三态氮含量

单位:毫克·升⁻¹

层	次	NH ₃ —N	NO ₃ ⁻ —N	NO ₂ ⁻ —N
表	层	0.07	0.04	痕 迹
底	层	0.06	0.03	痕 迹

(2) 无机磷

湖水中磷的含量通常以磷酸根 (PO_4^{3-}) 表示。表层水为 $0.04\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ ，底层水为 $0.06\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 。无机磷的平面差异也较明显，有些测点水样未检出，有些测点含量高达 $0.10\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 。无机磷一般随着水深的增加而增高，有一定的垂直分层，如图25—4。

(3) 硅：

湖水中硅通常以二氧化硅(SiO_2)表示。泸沽湖表层湖水含硅量为 $1.05\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ ，底层湖水含硅量为 $1.75\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ ，见图25—4。硅有一定的平面分布，各测点含量差异较大，低者未检出，高者可达 $2.68\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 。硅垂直分层现象较明显，一般随着水深的增加，含量增高。

(二) 有机物耗氧量

泸沽湖水中有机物耗氧量一般变化在 $0.76\text{—}2.0\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 之间。调查期间，实测平均值表层 $2.31\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ ，底层 $1.31\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ ，表层略高于底层。有机物耗氧量平面分布差异较明显，敞水带测点多在 $1\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 左右，处在水草茂密、淤泥厚的测点，有机物耗氧量高达 $5\text{毫克}\cdot\text{升}^{-1}$ 。

(三) 总硬度

泸沽湖水总硬度多数测点在 $2.0\text{毫克当量}\cdot\text{升}^{-1}$ 左右。总硬度的平面差异小，分布较均一。有一定的垂直分层现象，一般随着水深的增加而增高，如表25—6。

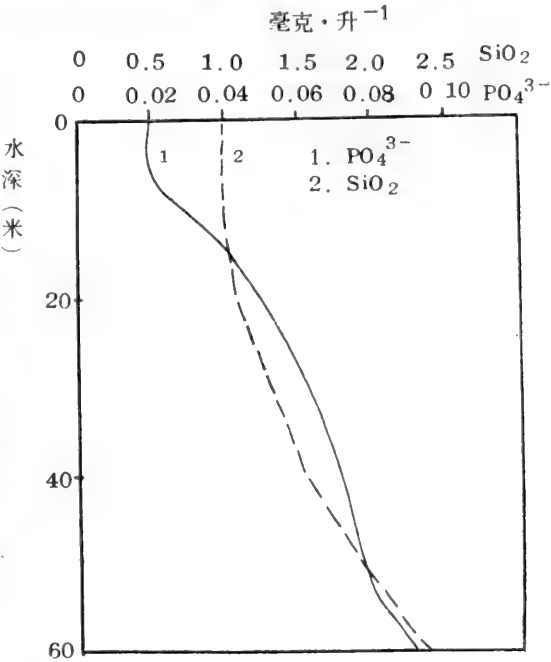


图25—4 PO_4^{3-} 和 SiO_2 的垂直分布

表25—6

总硬度的垂直变化

单位： $\text{毫克当量}\cdot\text{升}^{-1}$

深度 (米)	6	7	12	13
0.5	1.980	1.988	1.980	1.976
5.0	1.998	1.972	1.980	1.980
10.0	1.980	1.980	1.980	1.958
20.0	1.988	2.099	2.020	1.980
40.0		2.051		
底	2.043	2.020	2.059	2.020

(四)初级生产力

湖泊中初级生产力的测定,无论从理论上或渔业实践上都具有极重要的意义。目前,广泛采用测氧法〈黑白瓶〉或 C^{14} 法来进行初级生产力的测定,实质上都是基于下列光合作用平衡方程式作为基础,即:



为了测定泸沽湖水体初级生产力,观测中采用黑白瓶测氧法进行测定,如表25—7。黑白瓶氧量的测定值表示:①泸沽湖6月份光合作用层,即实际生产水层应为0—20米水层。比星云湖、抚仙湖厚得多。②泸沽湖单位体积内所产生的氧气量均值为 $0.13 \text{毫克 } O_2 \cdot \text{升}^{-1}$ 。与星云湖、抚仙湖相比,0.5米水层有机物纯产量泸沽湖为 $0.10 \text{毫克 } O_2 \cdot \text{升}^{-1}$ 〈1981年6月21日〉,抚仙湖为 $0.06 \text{毫克 } O_2 \cdot \text{升}^{-1}$ 〈1980年7月10日〉,星云湖为 $0.77 \text{毫克 } O_2 \cdot \text{升}^{-1}$ 〈1957年8月21日〉。泸沽湖初级生产力高于抚仙湖,而低于星云湖。

表25—7

泸沽湖黑白瓶内氧量测定值

(1981年6月21日)

水 深 (米)	开始时湖水中 含 氧 量 毫克·升 ⁻¹	终止时白瓶 含 氧 量 毫克·升 ⁻¹	终止时黑瓶 含 氧 量 毫克·升 ⁻¹	浮游植物和 细菌呼吸值 毫克·升 ⁻¹	光合作用过程 中产生氧气值 毫克·升 ⁻¹	有机物质 纯产氧量 毫克·升 ⁻¹
0.5	6.88	6.98	6.83	0.05	0.15	0.10
2.5	6.73	6.97	6.71	0.02	0.26	0.24
5.0	6.78	6.93	6.71	0.07	0.22	0.15
10.0	7.14	7.20	7.08	0.06	0.12	0.06
20.0	7.56	7.66	7.53	0.03	0.13	0.10

四、水质评价

泸沽湖为一高原深水湖泊,湖水清彻透明,水色为贺里尔·乌里(FOrel—ule)方法8—9级,透明度7—10米,最大达12米。湖水矿化度低,在 $200 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 左右,总硬度约为 $2.0 \text{毫克当量} \cdot \text{升}^{-1}$,为弱矿化软水。湖水中溶解氧尚属充沛;pH和 Eh_7 值较高,反映出湖水是一碱性氧化介质环境,有利于有机物的分解,也有利于进入湖体的重金属元素沉降。从上述几方面分析泸沽湖水可用作饮用及工农业用水。

泸沽湖水中营养元素、有机物耗氧量略高于抚仙湖,但远比其它湖泊低,如表25—8。从湖泊初级生产力看,单位体积内所产生的氧气量也比较接近于抚仙湖,而远低于富营养型的湖泊,如滇池、星云湖。从湖泊营养类型评价,湖水中所含化学成份,如钙、镁、钠等离子含量还是较为丰富的,磷的含量已接近于中营养型湖泊。但是,氮、铁、硅含量,有机物耗氧量均较低,应属于贫营养型湖泊。考虑到调查期间,湖中水生植物繁茂,使湖水中营养元素减少这一客观因素,因此,泸沽湖应属于从贫营养型向中营养型

过渡的湖泊。

表25—8 泸沽湖与其它湖泊水中营养元素含量 单位: 毫克·升⁻¹

湖 名	Fe	NH ₃ —N	NO ₃ ⁻ —N	NO ₂ ⁻ —N	PO ₄ ³⁻	SiO ₂
泸沽湖(表层)	0.	0.07	0.04	痕 迹	0.04	1.05
沽泸湖(底层)	0.	0.06	0.03	痕 迹	0.06	1.75
抚仙湖(表层)	0.01	0.01	0.05	0.0003	0.01	0.26
抚仙湖(底层)	0.02	0.02	0.05	0.0009	0.03	0.68
洞 庭 湖	0.08	0.02	0.14	0.006	0.02	3.06
洪 泽 湖	0.02	0.01	0.10	0.	0.10	5—6
镜 泊 湖	0.21	0.01	0.08	痕 迹	0.04	9.19

主 要 参 考 文 献

- 1.O.A.阿列金:《水文化学原理》地质出版社,1960年。
- 2.王祖熊:《梁子湖湖沼学资料》,于《水生生物学》集刊3期352—368页,1959年。
- 3.黎尚豪等:《云南高原湖泊调查》于《海洋与湖沼》第5卷第2期,1963年。
- 4.R.A.霍恩:《海洋化学》,于《水的结构与水圈的化学》科学出版社,1976年。
- 5.中国科学院南京地理研究所编著:《江苏湖泊志》江苏科学技术出版社,1982年。
- 6.中国科学院贵阳地球化学研究所:《简明地球化学手册》科学出版社,1981年。

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF LAKE LUGU

Pan Hongxi Hu Hongyun Hu Wenying

(Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

The field work and stationary observation during the period of June 18—26, 1981, show that the hydrochemical characteristics of Lake Lugu may be summarized as follows:

1. The mineralization of Lugu Lake water is about 200mg/L, much lower than that in arid or semiarid regions, but slightly higher than that in humid region, which approximates that of other lakes in Yun-Gui plateau. The main ions are HCO₃ and Ca²⁺ while the type of the water is C^{Ca} 1.98 I 0.19.

2. Lake Lugu is 2,690.7m in elevation and the oxygen pressure on the lake surface is lower than that on the plain, with water temperature of 20°C, the dissolved oxygen is 6.5—7.0 milligram/litre, 2 milligram/litre lower than that of the plain, but the saturation exceeds 95%.

3. The lake is deficient in nutrient elements. No iron has been found and inorganic nitrogen amounts to 0.09—0.11 milligram/litre only. Both the oxygen consumption by organic matters and total hardness are rather low, and the preliminary production is 0.13 milligram O_2 /litre.

4. Lake Lugu, as compared with the other lakes in the region, is in the stage of transition from an oligotrophic lake into a mesotrophic lake. Because of its good quality water, lake Lugu is favourable for the development of industry, agriculture and fishery.

* This paper was drafted by Pan Hongxi and revised by Hu Wenying.

26. 卧龙地区水化学特征*

郑远昌 何毓成

(中国科学院成都地理研究所)

一、与水化学有关的环境条件

卧龙地区位于四川省阿坝藏族自治州的南部,正处在青藏高原东部边缘的高山峡谷地带,它是以保护大熊猫等珍贵动物和山地生态系统为重点的自然保护区,面积约2000平方公里。区内峰岭叠叠,沟谷深邃,岭谷高差悬殊,整个地势由西北向东南逐渐降低。在西北边缘的四姑娘山高海拔6250米,是邛崃山脉的最高峰,也是四川境内的第二高峰。构成本区山体的地层主要有三迭系变质长石石英砂岩、千枚岩、粉砂岩、灰岩;二迭系的灰岩、生物碎屑灰岩、千枚岩;泥盆系的千枚岩、石英岩、结晶灰岩、灰岩;志留系的灰色千枚岩、结晶灰岩、石英岩、白云岩、砂岩等。在局部地方有蛇纹岩、花岗闪长岩和花岗岩出露。由此可见,构成本区山体的岩石主要是变质岩类和碳酸盐岩类。

区内低海拔的河谷和低山为湿润的亚热带气候,年平均气温10—14℃之间,年降水量在1100毫米左右,多集中于6—9月。由于山体高大,相对高差1000—5000米,导致热、水条件随海拔增高而变化。同样地,与热、水条件密切相关的生物和土壤也发生相应的变化,形成分带明显的山地自然垂直带谱。从海拔1120米的木杠坪到四姑娘山顶,可以划分为下列6个带:

山地亚热带—常绿阔叶林—黄壤带(海拔2000米以下)

山地暖温带—针、阔叶混交林—暗棕壤带(海拔2000—2600米)

山地寒温带—暗针叶林—暗针叶林土带(海拔2600—3700米)

亚高山亚寒带—灌丛、草甸—亚高山草甸土带(海拔3600—4600米)

高山寒带—疏草—寒漠土带(海拔4600—4900米)

极高山寒冻冰雪带(海拔4900米以上)

区内的河流发育与构造线基本一致。主要河流有皮条河、正河等。皮条河发源于巴郎山东坡,自西南流向东北。正河发源于四姑娘山东坡,自西北流向东南,至上河坝与皮条河汇合。汇合后称耿达河(或鱼子溪),由西向东流入岷江。本区河水主要由降水和地下水补给,只有正河河水除了由降水和地下水补给外,还有冰雪融水补给。本区的河流流程短,落差大,在较短的距离内流经几个山地自然带。

* 参加野外取样的还有钟祥浩、刘淑珍、柴宗新、贺素娣、袁培德、陈孔明;负责水样分析的有袁培德、陈孔明、冷孝利、段义高、高岚、罗桂生、邱礼蓉。

二、水化学基本特征

(一) pH值、矿化度、硬度和水化学类型

pH值: 24个水样点中^①, pH值变动于7.80—8.45之间, 平均值为8.10, 属微碱性水。从平均值来看, 枯水期(指1982年4月份的水样)河水的pH值比丰水期(指1981年8月份的水样)河水的pH值略为偏低, 前者为(7.7—8.3) 8.05, 后者为(7.7—8.6)

8.15, 前者比后者低了2.8%。在16条河沟的24个水样点中, 其变率($\frac{a-b}{a} \times 100\%$)

最大的是七层楼沟水, 枯水期的pH值比丰水期的pH值降低了7.2%。

硬度: 24个水样点的硬度变动于3.97—12.25德国度之间, 平均值为7.04德国度, 多属软水。枯水期河水的硬度为(4.37—11.29德国度) 7.76德国度, 比丰水期河水硬度(3.56—11.20) 6.31德国度增加了22.98%, 其中梯子沟口水样增加的最大, 达71.9%。

矿化度: 24个水样点的矿化度变动于120.57—315.20毫克/升之间, 平均值为191.88毫克/升, 多属低矿化水。枯水期河水的矿化度为(139.11—364.70毫克/升) 224.21毫克/升, 丰水期河水的矿化度为(102.02—265.70毫克/升) 159.55毫克/升, 枯水期比丰水期增加了40.5%。24个水样点中, 上河坝水样点河水的矿化度, 枯水期比丰水期增加69.9%。

水化学类: 按O、A、阿列金水化学分类法^[1], 调查区的河水均属重碳酸盐类钙组, II型水(记以C_{II}^{Ca}, 按离子毫克当量/升计, $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$)。

(二) 主要离子含量及季节变化

在水化学组成中, 阴离子以 HCO_3^- 为主, 阳离子以 Ca^{++} 为主(如表26—1)。阴、阳离子含量分别按 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{CO}_3^{2-}$, $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ 顺序递减。这种递减变化与世界河水离子含量的一般递减顺序相一致^[2]。

HCO_3^- 离子: 16条河沟24个水样 HCO_3^- 离子含量变动于64.47—176.33毫克/升之间, 平均值为120.16毫克/升。枯水期河水 HCO_3^- 离子含量为(76.25—208.01) 114.46毫克/升, 丰水期河水 HCO_3^- 离子含量为(52.69—158.08) 95.86毫克/升, 枯水期比丰水期增加了19.4%。

SO_4^{2-} 离子: 16条河沟24个水样 SO_4^{2-} 离子含量变动于4.24—60.31毫克/升之间, 平均值为23.04毫克/升。枯水期的含量为(12.01—70.12) 28.30毫克/升, 丰水期的含量为(0.31—50.50) 17.78毫克/升, 枯水期比丰水期增加了59.2%。其中, 马草坪沟河水 SO_4^{2-} 离子含量, 枯水期比丰水期增加了25倍, 是16条河沟中河水 SO_4^{2-} 离子含量变化最大的一条河沟。

Cl^- 离子: 16条河沟24个水样 Cl^- 离子的含量变动于2.82—6.34毫克/升, 平均值为4.20毫克/升。枯水期河水 Cl^- 离子的含量为(2.84—6.39) 4.56毫克/升, 丰水期为(2.09—6.28) 3.81毫克/升, 枯水期比丰水期增加了18.8%。其中溴水沟口水样增加

^① 指1981年8月4—9日与1982年4月7—8日都在同一地点采水样的24个水样点。

了103.8%。

CO_3^{2-} 离子：除马草坪沟沟水1982年4月8日采水样 CO_3^{2-} 离子含量达2.77毫克/升外，其它采样点水样的含量都无法检验出来。

Ca^{++} 离子：16条河沟24个水样 Ca^{++} 离子的含量变动于23.68—55.27毫克/升之间，平均值35.48毫克/升。枯水期河水含 Ca^{++} 为(22.04—58.52) 38.40毫克/升，丰水期为(22.11—52.02) 32.55毫克/升，枯水期比丰水期增加了18.0%。其中，转经楼沟口水样增加了53%。

Mg^{++} 离子：16条河沟24个水样 Mg^{++} 离子含量变动于1.69—21.83毫克/升，平均值9.06毫克/升。枯水期河水 Mg^{++} 离子含量为(2.07—23.94) 10.40毫克/升，丰水期为(1.79—19.71) 7.17毫克/升，枯水期比丰水期增加了34.9%，其中又以大魏家沟增加量最多，达193.2%。

K^+ 离子：16条河沟24个水样 K^+ 离子的含量变动于0.23—2.19毫克/升之间，平均值为0.71毫克/升。枯水期河水 K^+ 离子含量为(0.20—2.25) 0.73毫克/升，比丰水期的(0.20—2.13) 0.69毫克/升增加了5.8%。其中觉么沟沟水 K^+ 离子含量，枯水期比丰水期增加了50.9%。

Na^+ 离子：16条河沟24个水样 Na^+ 离子含量变动于0.81—2.86毫克/升，平均值为1.48毫克/升。枯水期河水 Na^+ 离子含量为(1.00—3.70) 1.84毫克/升，丰水期为(0.61—2.01) 1.11毫克/升，前者比后者增加了65.8%，是各离子中季节变动最大的一种离子。其中，上河坝点河水 Na^+ 离子含量，枯水期比丰水期增加了94.0%。

从其平均值来看，本区河水 HCO_3^- 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子的含量，为珠穆朗玛峰南坡河水[3] HCO_3^- 离子含量(61.5毫克/升)的1.9倍， Ca^{++} 离子含量(20.8毫克/升)的1.7倍， Mg^{++} 离子含量(5.1毫克/升)的1.8倍，这与本区广泛分布变质岩和碳酸盐岩类分不开的。同时，枯水期河水（主要靠地下水补给）离子含量比丰水期河水（主要靠降水和地下水补给）离子含量高。亦与径流补给来源有关。

（三）不同河沟河水水化学特征不同

在调查的16条河沟中，河水水化学性质、主要离子含量都不尽相同（见表26—1）。

就以卧龙自然保护区的两大河流（皮条河和正河）河水水化学特征为例子，可以充分说明这一点。我们在皮条河口与正河口同时取水样，从河水水样测定的结果（见表26—1样号33、62与35、52）可以看出，无论是枯水期还是丰水期，皮条河河水的pH值、硬度以及 HCO_3^- 、 Cl^- 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 和 Na^+ 离子含量都比正河的高，而 K^+ 离子的含量则比正河的低。我们认为，这两条河流水化学特征的差异，主要原因有两方面。其一，河水的补给源不尽相同，皮条河河水由大气降水和地下水补给，而正河河水除了大气降水和地下水补给外，还有四姑娘山上的冰雪融水补给。其二，皮条河流域在海拔2500米以下的地段人类活动影响较大，原始森林已不存在，只有次生林和灌丛。而且，在皮条河谷两侧山坡，不少地方已开垦为耕地，水土流失较严重。从核桃坪至银厂沟口不到20公里的距离，就有大小倒石锥计有20多个，这是森林植被破坏后的产物。正河流域的情况则不同，除正河口附近山坡被垦为农地外，其余绝大部分地方人为活动影响较小，天然植被保存较好。

表26—1

卧龙地区河水水化特征表

采样地点	河名	沟称	样号	海拔 (米)	采样 时间 (年、月、日)	pH 值	硬度 (德国度)	离子总量 (毫克/升)	离子含量(毫克/升)						Na ⁺ K ⁺		水化学 类型
									HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
邓 生	皮条河		3	2850	81.8.4	8.1	4.73	119.67	77.65	0.0	4.19	5.92	26.01	4.73	0.20	0.97	C ^{ca} I
			24		82.4.8	8.1	4.74	183.32	129.59	0.0	2.84	12.97	30.07	5.95	0.25	1.65	
邓 生	马草坪沟		5	2820	81.8.4	8.4	6.10	152.10	108.16	0.0	2.79	0.31	32.91	6.55	0.25	1.13	
			22		82.4.8	8.2	7.00	211.37	150.72	2.77	2.84	8.17	36.47	8.26	0.29	1.85	
邓生下游	皮条河		7	2700	81.8.4	8.2	4.96	123.26	83.20	0.0	2.79	3.74	27.31	4.97	0.20	1.05	
			26		82.4.8	8.1	6.55	199.26	138.04	0.0	4.97	12.97	33.27	8.26	0.26	1.85	
三圣沟桥	皮条河		9	2600	81.8.4	8.1	5.32	133.81	88.75	0.0	5.58	3.74	28.61	5.76	0.25	1.12	
			16		82.4.8	8.1	6.97	202.82	143.96	0.0	3.20	14.41	22.04	16.89	0.30	2.02	
大魏家沟口	大魏家沟		11	2600	81.8.4	8.6	9.80	236.92	158.08	0.0	5.58	14.03	37.71	19.71	0.35	1.46	
			14		82.4.8	8.4	11.21	318.84	194.59	24.90	3.55	28.34	40.68	23.94	0.40	2.44	
梯子沟口	梯子沟		13	2600	81.8.4	8.0	6.52	164.55	102.61	0.0	4.88	13.09	37.07	5.36	0.30	1.24	
			12		82.4.8	8.2	8.02	244.52	154.94	0.0	2.84	31.70	45.29	7.29	0.36	2.10	
文 献 街	皮条河		15	2450	81.8.4	8.0	7.34	175.89	105.39	0.0	4.88	19.32	33.17	11.67	0.25	1.21	
			4		82.4.8	8.1	8.38	250.51	173.24	0.0	4.26	18.73	39.08	12.64	0.36	2.20	
银厂沟桥上游	皮条河		17	2200	81.8.4	8.2	6.78	169.56	110.93	0.0	2.79	11.53	33.82	8.91	0.30	1.28	
			8		82.4.8	8.2	7.96	246.95	179.34	0.0	4.26	14.89	28.86	17.01	0.36	2.23	
银厂沟口	银厂沟		19	2150	81.8.4	8.0	7.53	179.83	91.52	0.0	3.49	40.21	25.75	17.11	0.40	0.90	

续

采样地点	河沟名称	样号	海拔 (米)	采样 时间 (年、月、日)	pH 值	硬 度 (德国度)	离子总量 (毫克/升)	离子含量 (毫克/升)						水化学 类 型
								HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	
银厂沟口	银厂沟	2	2150	82.4.8	8.1	7.62	155.18	81.13	0.0	5.68	21.61	29.86	14.94	1.60
		21	2100	81.8.4	8.2	7.34	184.20	99.84	0.0	3.49	30.55	42.92	5.76	0.71
英雄沟口	英雄沟	10		82.4.8	8.1	9.22	269.01	153.72	0.0	5.33	48.03	50.70	9.23	1.00
		23	2030	81.8.4	8.1	4.59	117.09	77.65	0.0	5.58	3.74	23.41	5.76	0.75
卧 龙 关	卧龙关沟	28		82.4.8	8.0	6.08	187.12	125.66	0.0	5.68	17.29	27.25	9.84	1.20
		53	2000	81.8.9	8.0	11.20	265.70	142.88	0.0	2.09	50.50	52.02	17.03	0.45
溴水沟口	溴水沟	18		82.4.8	8.2	13.29	364.70	208.01	0.0	4.26	70.12	58.52	22.11	0.43
		25	1970	81.8.4	8.2	6.69	161.45	105.39	0.0	3.49	8.73	33.69	8.67	1.15
沙 湾	皮条河	48		82.4.8	8.2	8.58	256.47	168.36	0.0	3.91	28.82	40.08	12.88	0.42
		27	1950	81.8.4	8.1	6.41	165.19	102.61	0.0	3.49	13.10	39.67	3.78	0.53
卧龙公社电站	觉么沟	32		82.4.7	8.2	9.11	293.67	183.00	0.0	5.68	39.38	54.91	6.20	0.80
		29	1930	81.8.4	8.2	8.99	230.75	130.35	0.0	2.79	39.90	37.20	18.61	0.74
转经楼沟口	转经楼沟	34		82.4.7	8.2	11.63	249.02	111.54	0.0	5.33	56.68	56.91	15.92	0.80
		49	1850	81.8.4	8.2	5.15	136.99	77.65	0.0	3.49	18.39	33.82	1.74	1.00
核 桃 坪	周家沟	60		82.4.7	7.9	6.20	189.79	112.85	0.0	4.26	27.86	39.28	3.04	1.20
		31	1800	81.8.4	8.1	6.10	182.73	105.39	0.0	4.19	28.37	34.34	8.75	0.40
糖 房	皮条河	38		82.4.7	8.1	9.00	269.96	176.29	0.0	4.62	30.26	42.89	13.00	0.50
														2.40

C^{Ca}
I

续

采样地点	河名	沟称	样号	海拔 (米)	采样 时间 (年、月、日)	pH 值	硬 度 (德国度)	离子总量 (毫克/升)	离子含量(毫克/升)							水化学 类型	
									HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺		Na ⁺
皮条河口	皮条河		33	1700	81.8.4	8.0	6.92	176.89	108.16	0.0	5.58	17.77	34.21	9.23	0.41	1.32	C ^{ca} II
			62		82.4.7	8.1	9.03	270.58	176.29	0.0	5.33	29.78	43.29	12.88	0.51	2.50	
正河口	正河	35	1700	81.8.4	7.7	3.56	102.02	52.69	0.0	3.49	19.02	22.11	1.79	2.13	0.61		
		52		82.4.7	7.9	4.37	139.11	76.25	0.0	3.91	25.46	28.66	1.58	2.25	1.00		
上河坝	耿达河	37	1680	81.8.4	8.0	4.73	122.97	69.33	0.0	4.19	15.27	28.61	3.15	1.53	0.89		
		36		82.4.7	7.9	6.87	208.95	124.44	0.0	5.68	31.70	36.07	7.90	1.43	1.73		
龙潭沟口	龙潭沟	39	1600	81.8.4	8.1	5.82	156.40	77.65	0.0	6.28	29.92	36.68	3.00	2.13	0.74		
		41		82.4.7	7.9	6.76	206.02	109.19	0.0	6.39	41.79	41.28	4.25	2.12	1.00		
耿达公社	转经楼沟	43	1560	81.8.4	8.2	3.84	107.38	66.56	0.0	2.09	10.60	22.11	3.15	1.05	1.82		
		64		82.4.7	7.8	4.49	133.03	86.01	0.0	4.62	12.01	25.25	2.07	0.95	2.12		
七层楼沟口	七层楼沟	45	1520	81.8.4	8.3	4.98	127.20	77.65	0.0	2.09	12.16	29.52	3.78	0.85	1.15		
		42		82.4.7	7.7	6.19	183.89	111.02	0.0	4.62	25.46	34.47	5.95	0.90	1.47		
电站吊桥	耿达河	47	1510	81.8.4	8.3	5.35	136.87	80.43	0.0	2.79	16.83	28.35	6.07	1.40	1.00		
		59		82.4.7	7.7	6.86	209.91	126.88	0.0	5.33	30.74	36.47	7.65	1.00	1.84		

同样，在调查的16条河沟之间，河水水化学特征也不尽相同。

(四) 暴雨对河水水化学特征的影响

1981年8月9日18时15分至20时30分，卧龙地区降了一次大雨^①。同日20时50分，皮条河上游龙岩沟等四条河沟暴发了泥石流，冲毁了龙岩自然保护站和数公里长的公路。与此同时，沿皮条河两岸山坡多处发生崩塌。不久，卧龙保护局沙湾水电站因泥沙淤积被迫停止发电。到22时30分，沙湾处水位达到最高时，河水与泥浆无甚区别，取样分析，河水含砂量高达446.75克/升。8月10日7时15分，沙湾水样点河水含砂量减少到16.02克/升。在洪峰过后的第9天（即8月18日），皮条河河水仍然浑浊，而正河河水已清澈见底。在两河口汇合处，一浊一清，“泾渭分明”。此时皮条河河水的含砂量为3.17克/升，而正河河水的含砂量只有0.32克/升。洪水与洪水前河水水化学特征如表26—2。

表26—2 洪水与洪水前河水水化学特征表

1981年

采样地点		沙湾				皮条河口		正河口		上河坝	
河沟名称		皮条河				皮条河		正河		耿达河	
海拔(米)		1970				1700		1700		1680	
采样时间 (月、日、时、分)		8.4 12:00	8.9 22:30	8.10 7:15	8.18 18:30	8.4 15:10	8.18 11:20	8.4 16:00	8.18 10:30	8.4 15:30	8.18 11:00
采样号		25	54	57	66	33	65	35	61	37	63
pH值		8.2	8.0	7.9	8.1	8.0	8.0	7.7	7.8	8.0	8.0
硬度(德国度)		6.69	10.53	6.91	5.74	6.92	5.85	3.56	3.14	4.73	4.31
离子总量(毫克/升)		161.45	293.83	154.38		176.89	142.79	102.02	84.43	122.97	114.81
离子 含量 (毫克/升)	HCO ₃ ⁻	105.39	202.46	97.07	90.13	108.16	90.13	52.69	44.37	69.33	66.56
	Cl ⁻	3.49	11.16	6.98	4.88	5.58	4.88	3.49	2.79	4.19	4.19
	SO ₄ ⁻	8.73	12.47	6.23	10.91	17.77	9.04	19.02	11.85	15.27	12.78
	Ca ⁺⁺	33.69	48.38	32.51	27.96	34.21	28.61	22.11	20.55	28.61	24.71
	Mg ⁺⁺	8.67	16.41	7.10	7.96	9.23	8.04	1.78	1.18	3.15	3.79
	K ⁺	0.33	2.95	2.62	未做	0.41	0.97	2.13	3.15	1.53	2.00
	Na ⁺	1.15		1.46	未做	1.32	1.12	0.61	0.54	0.89	0.78
含砂量(克/升)		未做	446.75	16.02	2.17	未做	3.17	未做	0.32	未做	1.59
备 注		洪水前	洪 峰	洪水期	洪水期	洪水前	洪水期	洪水前	洪水期	洪水前	洪水期

①据卧龙公社水文气象观测点记录资料，降水量为38.5毫米。

从表26—2可以看出,皮条河沙湾水样点河水水化学性质和水化学组成上,洪水期间比暴雨前发生了很大的变化。与暴雨前相比较,洪峰对河水离子含量明显增加,其中 HCO_3^- 离子增加了92%, Cl^- 离子增加了2.2倍, SO_4^{2-} 离子增加了43%, Ca^{++} 离子增加了44%, Mg^{++} 离子增加了89%, K^+ 和 Na^+ 离子增加了1倍。

洪峰过后,河水离子含量急剧降低。如8月10日7时15分的水样,河水离子含量不仅低于洪峰时河水离子的含量,而且有些离子比暴雨前河水的含量还低,如 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子。这种情况一直延到洪峰过后第9天(即8月18日)亦有反映。

三、河水的本底值初探

在测定河水主要化学成分的同时,又测定了河水中Fe、Mn、Zn、Cu、Pb、Co、Ni和F等微量元素的含量。除F采用离子选择电极法测定外,其余均用原子吸收光谱法测定。

从测定的结果来看(如表26—3),调查区河水中微量元素的含量按 $\text{Fe} > \text{F} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Co}$ (或Ni)的顺序递减。

铁(Fe) 25个水样①的含量变动于26—534ppb之间,平均值为206ppb,其中含量高于平均值的水样数占40%。在调查的17条河沟中,除大魏家沟、溴水沟和耿达河的河沟水Fe含量超过生活饮用的水质标准($\leq 300\text{ppb}$)②外,其余河沟河水的含Fe量都低于生活饮用水水质标准值。

氟(F) 25个水样的含量变动于45—65ppb之间,平均值为54ppb。枯水期(指1982年4月7、8日的水样)河水中氟的含量更低(0.0—56)35ppb。按生活饮用水水质含氟量的适宜度(100—150ppb)来衡量,卧龙地区属低氟化学地理区。

锌(Zn) 25个水样的含量在6—320ppb之间,平均值为43ppb。除耿达转经楼沟沟水的含锌量超过生活饮用水水质标准($\leq 100\text{ppb}$)外,其余都完全适宜于生活饮用水的要求。

锰(Mn) 25个水样的含量在3—28ppb之间,平均值为10ppb,完全符合生活饮用水水质标准($\leq 100\text{ppb}$)的要求。

铅(Pb) 25个水样的含量在0.0—15ppb之间,有3个水样未检出,按分析水样数计,平均值为7ppb。完全符合生活饮用水水质($< 100\text{ppb}$)的要求。

铜(Cu) 25个水样中,有18个水样的含铜量低于检出的最低极限,在其余7个水样中,含量最高的只有7ppb,有5个水样只有2ppb。从其平均值来看,只有1ppb。

钴(Co)和镍(Ni)的含量,只有在暴雨过后的洪水期的河水样,才能检出。如皮条河沙湾水样点,8月10日15分水样含Co200ppb, Ni21ppb。又如8月18日的水样,皮条河口的Co和Ni都是10ppb;正河口的Co3ppb, Ni6ppb;耿达河上游的上河坝水样点,含Co6ppb,含Ni11ppb。

① 指1981年8月9日暴雨前所采的水样数。

② 据昆明市革命委员会环境保护办公室,(1978年10月):《环境保护》(标准资料汇编)。

表26—3

河水微量元素含量表

采样地点	样号	河沟名称	采样时间 (年、月、日)	微量元素含量 (PPb)							
				Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	F	Co	Ni
邓 生	4	皮 条 河	81.8.4	50	3	41	2	9	62	0.0	0.0
邓 生	6	马草坪沟	81.8.4	39	5	92	0.0	7	53	0.0	0.0
邓 生	8	皮 条 河	81.8.4	51	3	69	0.0	8	52	0.0	0.0
三圣沟桥	10	皮 条 河	81.8.4	119	6	22	0.0	9	50	0.0	0.0
大魏家沟口	12	大魏家沟	81.8.4	534	20	20	2	10	50	0.0	0.0
梯子沟口	14	梯 子 沟	81.8.4	63	3	40	7	10	50	0.0	0.0
文 献 街	16	皮 条 河	81.8.4	230	10	22	4	5	55	0.0	0.0
银厂沟桥上游	18	皮 条 河	81.8.4	280	13	30	0.0	9	52	0.0	0.0
银厂沟口	20	银 厂 沟	81.8.4	148	7	16	0.0	8	45	0.0	0.0
英雄沟口	22	英 雄 沟	81.8.4	176	7	56	0.0	10	61	0.0	0.0
卧 龙 关	24	卧龙关沟	81.8.4	50	3	68	0.0	5	45	0.0	0.0
溴水沟口	54	溴 水 沟	81.8.9	462	28	37	2	0.0	未做	0.0	0.0
卧龙公社	2	花红树沟	81.8.4	107	7	52	0.0	7	60	0.0	0.0
沙 湾	26	皮 条 河	81.8.4	296	14	27	0.0	9	50	0.0	0.0
卧龙公社电站	28	觉 么 沟	81.8.4	201	26	95	2	7	50	0.0	0.0
转经楼沟口	30	转经楼沟	81.8.4	138	10	44	0.0	6	58	0.0	0.0
核 桃 坪	48	周 家 沟	81.8.4	50	3	30	0.0	6	60	0.0	0.0
糖 房	32	皮 条 河	81.8.4	310	15	28	0.0	7	50	0.0	0.0
皮条河口	34	皮 条 河	81.8.4	336	16	26	0.0	7	50	0.0	0.0
正 河 口	36	正 河	81.8.4	26	3	6	0.0	0.0	60	0.0	0.0
上 河 坝	38	耿 达 河	81.8.4	534	16	19	2	8	60	0.0	0.0
龙潭沟口	40	龙 潭 沟	81.8.4	119	5	20	0.0	0.0	60	0.0	0.0
耿 达	42	转经楼沟	81.8.4	53	4	320	0.0	7	65	0.0	0.0
七层楼沟口	44	七层楼沟	81.8.4	320	6	30	0.0	15	55	0.0	0.0
电站吊桥	46	耿 达 河	81.8.4	486	16	28	0.0	8	57	0.0	0.0
25个水样平均值				206	10	43	1	7	54	0.0	0.0

表 26—4

大熊猫饮用水与非饮用水水化学特征对比

项目	地点	样号	水源 类型	大熊猫 喝	pH	离子总量 (毫克/升)	硬 度 (德国度)	离子含量 (毫克/升)					微量元素含量 (PPb)							
								HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb	F
	会 师 树	71	山泉水	不喝	5.9	20.1	0.70	11.1	2.8	0.8	4.3	0.4	0.5	0.2	330	3	205	0.0	0.0	未做
		72																		
	溴水沟上游	73	沟 水	不喝	7.0	479.5	16.13	294.0	9.8	71.7	66.3	29.7	1.8	6.2	26	19	3	0.0	10	未做
		74																		
	二 道 坪	69	沟 水	喝	6.8	82.5	3.50	49.9	1.4	7.2	20.8	2.6	0.3	0.3	138	37	25	0.0	0.0	未做
		70																		
	牛 刀 偏	75	沟 水	喝	7.4	261.5	10.89	141.4	3.5	46.5	55.7	13.6	0.4	0.4	11	13	3	0.0	0.0	未做
		76																		
卧龙地区平均值①			河沟水		8.15	160.4	6.35	96.5	3.8	17.8	32.6	8.3	0.7	1.1	206	43	10	1	7	57

①指1981年8月份25个水样平均值。

总的来看,调查区河水水质是优良的,完全适宜生活饮用。然而,由于河水普遍缺氟,对于长期生活在该地区的人来说,采用含氟化钠的牙膏为宜。此外,河水缺氟,对于大熊猫等大型兽类动物的牙齿发育有何影响,应加以研究。

四、大熊猫饮用水的水化学特征

水是一切生物生命活动过程中不可缺少的物质,没有水就没有生命。然而,不同的生物体对水质的要求是不相同的。在卧龙地区亚高山针叶林和针阔叶混交林内栖息繁衍的大熊猫,不仅吃的很特殊,以竹为主要食物,而且喝的也很讲究,并不是见水就喝。

据南充师范学院副教授胡锦矗等人在“五一棚”观测站长期观察大熊猫的活动情况发现,大熊猫常常到二道坪和牛刀偏一带的河沟去喝水。但是,对会师树的幽幽水和溴水沟的沟水,大熊猫虽常从其水边过往,却滴水不沾(麂子喝这两种水源)。取水样测定的结果发现,大熊猫喝的水与不喝的水水化学特征差异很大。

从表26—4可以看出,大熊猫喜欢喝的二道坪沟水和牛刀偏沟水的水化学特征,pH值分别为6.8和7.4,属中性水;水的硬度在3.5—10.89德国度之间,属软水和硬水;离子含量方面都与卧龙地区其它河沟水的离子含量范围值之内,没有偏高和偏低的倾向。同样,河沟水的微量元素含量也都符合人类生活饮用水的标准。

但是,大熊猫不喝的会师树幽幽水和溴水沟沟水的水化学性质和水化学组成则不同。其中会师树的幽幽水pH值只有5.9,属微酸性水;水的硬度只有0.7德国度,属极软水。而且,在水化学组成上,主要离子含量极低,水的离子总量只有20.1毫克/升。溴水沟沟水的情况又与此相反,水的硬度达16.13德国度,属硬水;而且,溴水沟沟水的离子含量相当高,尤其是 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} 离子的含量分别高达294.0毫克/升和71.7毫克/升。与卧龙地区大多数河沟河水 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} 离子含量的平均值(以1981年8月份所采的25个水样计)相比,溴水沟沟水 HCO_3^- 离子含量高出2倍, SO_4^{2-} 离子含量高出3倍。在水的离子总量方面,溴水沟沟水的离子总量高达479.5毫克/升,高出卧龙大多数河沟沟水离子总量平均值的3倍。

从上述可以看出,离子含量过低和过高的极软水和硬水,都不宜为大熊猫的饮用水源。

在采样过程中,南充师范学院胡锦矗副教授帮助取了会师树幽幽水、溴水沟沟水。二道坪沟水和牛刀偏沟水四个水样,并提供了大熊猫的活动情况,特此致谢。

参考文献

- [1] 阿列金·O·A(袁龙蔚译):《水化学》水利电力出版社,1957。
- [2] 半谷高久、监修、大竹千代子:《日本环境图谱》第75页,共立出版,1978。
- [3] 章申、于维新:《珠穆朗玛峰地区水化学特征》,于《珠穆朗玛峰地区科学考察报告—自然地理》第110—111页,科学出版社,1975。

HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS IN WOLONG REGION

Zheng Yunchang He Yucheng

(Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

The river water in Wolong Nature Sanctuary is weak alkaline with PH value averaging (7.7—8.6)8.15 and comprises mostly soft water and low mineralization water.

The main ion contents of the water are HCO_3^- 120.16mg/1(64.47—176.33), Cl^- 4.20mg/1 (2.82—6.34), SO_4^{2-} 23.04 (4.26—60.31), Ca^{++} 35.46mg/1 (23.68—55.27), Mg^+ 9.06mg/1(2.07—21.83), K^+ 0.71mg/1(0.23—2.19), Na^+ 1.48mg/1 (0.81—2.13), in which the ion contents HCO_3^- , Ca^{++} and Mg^+ are closely correlated with mineralization and vary with the season.

The trace element contents of the river water are Fe 206 ppb (3—534), Mn 10 ppb (3—28*), Zn 43 ppb (7—320), Ca 1 ppb(0—20), Pb 7 ppb(0—15), F 57 ppb (45—65), respectively.

The hydrochemisty of the river water is affected by torrential rains. The main ion contents and trace element contents at the flood crest are higher than those before the flood crest.

In this region, there are two kinds of water which the giant panads do not drink, their total ion contents being 20.1mg/1 and 479.5mg/1 respectively.

27. 玉龙山辐射观测总结

文传甲 高生淮

(中国科学院成都地理研究所)

1981年7月中下旬,我们在玉龙山东坡,对太阳辐射等进行了短期观测。目的是为探讨太阳辐射平衡在形成山区垂直气候带中的作用,给今后进一步开展观测摸索经验。

一、概 况

观测内容、仪器、场地见表27—1、2、3。

表27—1 观测场地(27°10'N, 100°15.6'E)和内容

场地号码	海拔高度 (米)	下 垫 面	观 测 内 容	注
甲 (养路段)	3180	裸露棕壤,较 平坦开阔	①总辐射、直射、反射率 ②日照、云、风、天气现象 ③干湿球温度、地表温度等	辐射一般一小时观测 一次,如5 ³⁰ 6 ³⁰
乙	3200	云南松幼林,较 开阔的山脊上	总辐射、反射率等	
丙 (雪花村附近)	3450	半边是云杉幼 林,半边是草场	①总辐射、反射率 ②干湿球温度	
丁	3170	马铃薯地,较 开阔平坦	雨量	
丽 江 (100°13'E, 26°51'N)	2393	在浅草平铺、平 坦开阔的盆地上	①总辐射 ②常规气象观测	玉龙山下,作对比用

表27—2

辐 射 仪 器

名 称	型 号	号 码	检 定 情 况	注
直接辐射表	DFY—1	012		
天空辐射表	DFY—2	0024	新,出山后又进行了检定	长春气象仪器厂制
电 流 表	DFM—1	0091		

仪器的闭合性实验：有的称“检定核查”^{〔12〕} (Calibration checks)。即在同一时刻太阳光稳定的情况下，用两种仪器同时测量直接辐射。按总辐射—直射—散射—直射的次序，两次直射值的差不大于0.01卡/厘米²分时才进行计算，见表27—4。

表27—4 直射表和天空辐射表观测的一致性（单位：卡/厘米²·分）

1981年		真太阳		直射表测数		天空辐射表测数				日光情况	注
月	日	T ₀	高度角 h ₀	垂直面	水平面	总辐射	散 射	F _h	水平面上的直射		
				S	S' = S · sin h ₀	Q	D		F _h (Q-D)		
7	22	14 ⁴⁸	51.6	1.34	1.05	1.29	0.25	1.00	1.04	☉ ²	①均按W.R.R.传递 ②直射表按1981年10月检定提供的K. _a .R计算 ③天空辐射表按1979年和1980年检定值计算
7	22	14 ⁴⁹	50.9	1.34	1.04	1.23	0.21	1.00	1.02	☉ ²	
7	22	14 ⁵³	50.0	1.34	1.03	1.17	0.16	1.00	1.01	☉ ²	
7	22	14 ⁵⁹	48.7	1.34	1.01	1.14	0.12	1.00	1.02	☉ ²	
7	22	16 ⁴⁸	25.0	1.11	0.47	0.74	0.27	1.02	0.48	☉ ²	
7	22	16 ⁵⁵	23.1	1.08	0.42	0.60	0.22	1.02	0.39	☉ ²	
7	28	9 ³⁷	56.3	1.31	1.09	1.46	0.37	1.00	1.09	☉ ²	
7	28	10 ¹⁸	65.3	1.36	1.24	1.74	0.52	1.00	1.22	☉ ²	
平 均					0.92				0.91		

由表27—4可见，两个仪器测得的水平面上的直射值基本相等，即 $S' = F_h(Q - D)$ ，平均误差为0.01卡/厘米²分。这说明，仪器的误差订正是合理的。

二、总 辐 射

（一）总辐射超过太阳常数的极值

象研究其它气象要素的极值和最大可能值一样，它不仅在理论上有意义，而且在高海拔地区的太阳辐射考察和飞机进行大面积的反射率探测时，对于与总辐射相联系的辐射仪表的量程的设计，具有重要的参考价值。

在玉龙山的短期观测中，尽管是雨季，晴天极少，整天云雾腾腾，但由于加大了观测密度，除每小时观测外，一遇太阳就尽可能观测。结果发现有三次总辐射的极值超过了太阳常数。太阳常数按2.00卡/厘米²分^{〔4〕}（139.5毫瓦/厘米²）。若按一些人的135.3毫瓦/厘米²^{〔1〕〔9〕}，实行“W·R·R.”后也达到138毫瓦/厘米²左右。这一现象曾在国内外观测到过^{〔5〕〔10〕}，见表27—5。从表27—5中可见具有普遍性：即在一定海拔高度上的高原、高山，或者飞机、气球等飞行体上，只要条件具备，均有可能出现这种现象。目前观测到的最大值为2.44卡/厘米²分（170.3mw/cm），比太阳常数约大1/4。从上表和实际观测来看：

(1) 鉴于大多数观测是在定时观测中发现的，各地列举的极值不一定是该地最大值。加密观测或延长观测年限，有可能发现更多更大的值。这也说明，有必要深入分析出现的条件和预测它的可能最大值。

(2) 与海拔高度的关系，似乎在数值上没有什么有规律的联系，但出现这种现象的机会随海拔增高而加多。例如玉龙山下的丽江站，1981年7月全月只观测到1次，而山上十几天就观测到3次。高原上也类似。

(3) 出现的季节和时间，各地大多在夏秋6—8月中午前后。

(4) 在 \odot^2 或 \odot 的情况下出现，而在 \odot^0 、 Π 时尚未观测到。这意味着要有一定大的直射值。

(5) 云天情况，必须有云、特别是头顶附近有透明的云，且量较多，约5成以上时才能出现。孤立山峰如峨眉山顶，云遮住本站即为雾，在山下看来却是云。万里晴空或云很少时却极少出现。这说明，非直接辐射部分D，只有达到一定大的值后才能形成。

可能最大值，估计至少就是表5中的最大的 S' 和最大的D之和，即 $Q_{\max} = 1.50 + 1.10 = 2.60$ 卡/厘米²分，超过太阳常数的30%。如上所述， S' 、D均不是目前最大的值，因而可能最大值大于2.60卡/厘米²分是无疑的。

(二) 总辐射的日变化与地气温差

“晴朗型”的以7月23日为例，各定时观测平均云量为3.1/2.4，多为Cu、hum、Fc、Cifil，日光多为 \odot^2 ；“阴雨型”的以7月20日为例，平均云量为10/9.8，多为Sc、Ns等，日光为 Π ，时有间断小雨，见图27—1。

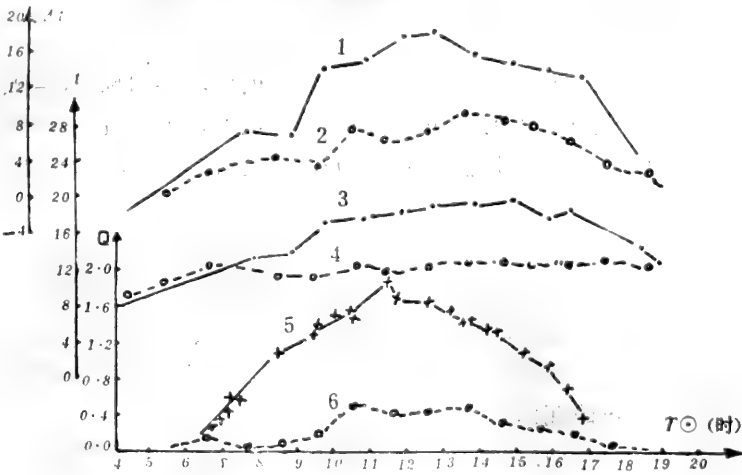


图27—1 总辐射与气温和地气温差度的日变化

注： Δt (°C) = $t_{\text{地}} - t_{\text{气}}$ t 单位为°C Q 单位为卡/厘米²·分
 1. Δt (7月23日 \odot^2) 2. Δt (7月20日 Π) 3. t (7月23日 \odot^2) 4. t (7月20日 Π)
 5. Q (7月23日 \odot^2) 6. Q (7月20日 Π)

(1) 日变化：晴朗型的大而烈，平均0.3 (卡/厘米²分) / 小时左右，午前最大可达1.89卡/厘米²分，上下午大致对称，属午后多云型；阴雨型的变化小而缓和，午前最大仅0.55卡/厘米²分。这与通常的一致(5)。

晴朗型的总辐射 Q 与太阳高度角 h 有较好的线性关系, 见图27—2。求得^[3]回归方程如下:

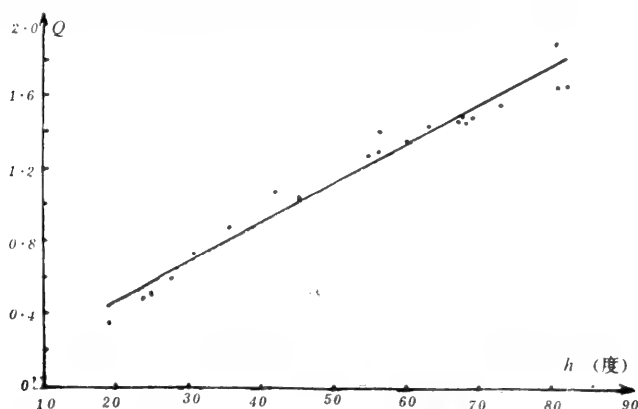


图27—2 晴天总辐射与太阳高度角的关系

注: Q 单位为卡/厘米²分

$$Q = 0.065 + 0.02115h$$

系数 $r = 0.98$, 显著度 $\alpha = 1\%$, 剩余标准离差 $S = 0.25$ 卡/厘米²分。

(2) 与气温日变化的关系: 总辐射是在甲场地, 而气温是在乙场地观测到的, 地表面温度则是裸露棕壤的, 见图27—1。总辐射和气温的日变化, 晴朗型(\odot^2)和阴雨型(II)都是一样呈单峰型。但温度的位相落后, 最大值在午后, 总辐射在午前。

(3) 总辐射和裸露棕壤上的地气温差 $\Delta t = t_{\text{地}} - t_{\text{气}}$ (见图27—1), 有较好的线性相关关系。

$$\odot^2 \text{型: } Q = -0.1078 + 0.093 \Delta t \quad r = 0.80, \alpha = 1\%, S = 0.38$$

$$\text{II 型: } Q = -0.0016 + 0.0476 \Delta t \quad r = 0.77, \alpha = 1\%, S = 0.11$$

总辐射和地气温差的相关关系, 比它同温度的好, 这是有意思的。贴地层湍流通量 P (6)为:

$$P = pC_p D (t_{\text{地}} - t_{\text{气}}) = pC_p D \Delta t$$

其中 p 、 C_p 、 D 分别为空气密度、定压比热、外扩散系数。这两天风均在一级以下。比较 P 与 Q 可看出, 在无风或风小时, 决定湍流热量垂直方向上交换的主要动力, 是太阳的热辐射。知道地气温差后, 可近似地计算 Q 和 P , 可见观测地气温差很重要。

(三) 总辐射随高度的变化

(1) 瞬时总辐射: 以7月23日山上的养路队(3200米)和山下的丽江气象站(2393米), 在 \odot^2 时的各定时观测值, 绘成图27—3。两地相距仅30公里, 可以认为天气系统、气团等基本相同, 实际上两站天气状况也差不多。由图27—3可见上午8点($T\odot$)以前和下午13³⁰以后, 两地相差甚微; 而在其间两地却相差甚大, 最大可达0.4左右, 大多数也相差0.1左右。两地在同样条件、同时观测得到的值产生这样大的差异, 原因何在? 以往用直射、云的散射等随高度增加来解释。定量分析表明产生这样大的差异是很难的, 更难解释极值大于太阳常数的现象。这就需要新的解释和进一步观测, 例如云的侧向反射等等。

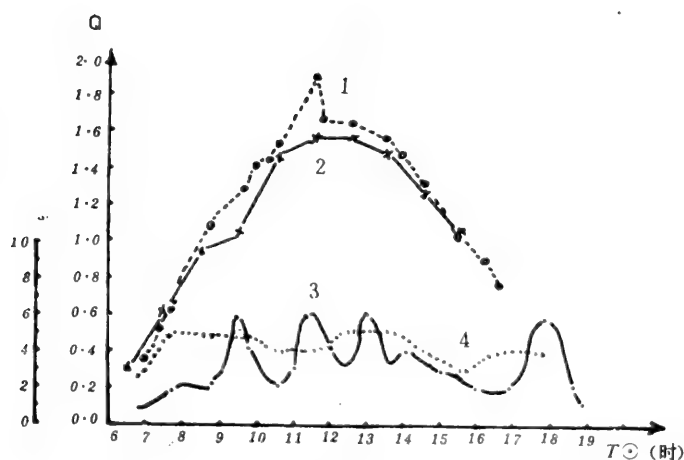


图27—3 两个高度上的总辐射与总云量

注: Q单位为卡/厘米²·分 1.养路队Q 2.丽江Q 3.养路队云量 4.丽江云量

(2) 日总量: 两地对比如表27—6。

由表27—6中可见, 日总量随高度增加而减少, 递减率平均为 $-5 \sim -11$ (卡/厘米²)/百米。其主要原因是半山上云雾和降水比山下多, 见表27—7。山上主要是低云多些, 雨量大些, 即云遮太阳时间长和云的厚度大, 对日光削弱强, 从而造成山上日照时数(日照计测的)和辐射日总量比山下少。在这期间, 它们之间日照时数的递减率约为0.4小时/百米, 雨量的递减率约为10毫米/百米。丽江7月的月总量为12928.5卡/厘米², 是15—24日, 28—29日共12天, 总值4856.6卡/厘米²的2.662倍。则养路段7月的月总量估计为 $3795.6 \times 2.662 = 10104.1$ 卡/厘米²。类似地, 丽江7月日照总时数为162.4小时, 估计养路段7月日照总时数为57.8小时; 丽江7月雨量为159.9毫米, 估计养路段7月雨量为266.4毫米。

(3) 日照时间: 7月23日北京时6¹⁰目感天亮, 6³⁵太阳照着雪山, 7¹⁷太阳照着甲观测场, 7¹⁹照乙观测场, 18⁴⁵太阳离甲场, 18⁵⁷离乙场。可照时间, 甲场为11小时28分, 乙场为11小时38分。由气象常用表NO. 3查得这天的理论日照时间为13小时32分, 可见因山的阻挡, 日照时间减少2小时。玉龙山养路段全月减少约62小时, 7月可照时间应为359小时。由表查得赤道(0°纬度)7月理论日照时数为375小时左右, 23日为12小时左右, 均约与玉龙山的相当。即玉龙山养路段的可照时间约相当于赤道的理论日照时间。可见, 因山的阻挡, 日照时间减少后, 有向低纬推移的现象。而器测的日照时数这天为10.2小时, 比可照时间又减少一小时, 这是因为白天有云遮蔽的缘故。由于早晚阳光很弱, 因山遮蔽减少的日、月总量的比例不会很大, 估计约为1%, 远低于因云量遮蔽造成的减少。太阳照着以前因为有散射光, 估计光照时间并未减低多少。由上推算日照百分率, 该年丽江7月份为 $\frac{162.4}{421} \approx 39\%$, 养路段估计为14%。

表27—6 玉龙山半山上（养路段，3200米）和山下（丽江站，2393米）日总量，日照时数比较

7月	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	注
日总量	山上	0	0	158.5	263.2	410.8	194.0	427.5	531.7	722.1	510.4	/	/	310.5*	577.1	0
(卡/厘米 ²)	山下	0	262.2	226.9	405.4	371.7	370.6	498.8	396.0	738.4	432.5	502.9	343.6	513.9	715.3	439.0
日照时数	山上	0	0	0	0	0	0	0	1.63	10.20	6.92	2.52	0.24	2.74	4.31	0
(小时)	山下	0	1.5	1.2	2.7	4.0	3.8	6.0	5.9	12.0	8.7	8.7	3.4	6.6	9.5	6.2

雪花村的

表27—7 玉龙山养路段（3200米）和丽江站（2400米）的雨量、云量表（七月份）

项目	日	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	合计
地点	养路段	0.5	0.5	0.2	17.6	52.1	26.2	11.6	24.8	1.7	5.7	2.6	1.3	0.1	0.1	13.3	1.3	5.5		28.0	193.1
雨量	丽江	0.1	0.0	0.0	10.2	29.1	20.9	4.0	5.3	5.2	5.3	0.7	0.7	0.6	8.8	5.4	17.0	0.2	2.4	115.9	
(毫米)																					
云量	养路段						30/30	30/30	30/30	30/28	21/21	7/7	18/10	21/21	28/19	30/20					
(日间三次合计)	丽江						30/29	30/25	30/27	22/16	15/7	15/16	25/19	27/24	30/12						

三、实际下垫面的反射率

地表反射率是辐射平衡中的重要部分，是下垫面特性的一种重要表征。对它的研究无疑是重要的。甚至有人认为[9]：“预测气候变迁的精确度的最终极限可能取决于 α_g 和 ε_g （地表反射率和比辐射率）测量中的相对误差”。然而，自然界的实际下垫面与气象台站的浅草平铺的标准下垫面是有差异的。目前国内在这方面的研究较少，特别是对高山上的各种实际下垫面的研究就更少。

云南松是我国西南部分布较广的树种之一，遍布云贵高原中、西北部、桂东北、川西南、藏东南[7]。它喜阳、耐旱、耐瘠薄，对立地条件的选择不严[7]，适应性很强，从一千米左右的亚热带河谷到3200米左右的高度均有分布，分布面积极广；大致在3200米以上，则是云冷杉林或零星草地。因此，研究高山上云南松、云冷杉、草地的反射率，对于研究实际下垫面如何对太阳辐射进行再分配，从而对自然地理过程产生的影响，特别是森林对气候的反作用等，是有不小意义的。

（一）影响反射率观测精度的几个问题

①太阳低角度（ $23^\circ-28^\circ$ ）时，挡住太阳与不挡住太阳反射辐射仅相差0.01卡/厘米²分，可忽略。角度更小时，需进一步研究；这可能是玻璃内壁反射阳光引起。②采取中间观测反射辐射，前后观测两次的总辐射值不大时才进行计算，以消除有云且变化较大时，观测不同时性所引起的误差。③东南西北四个方向的反射率之间，相差仅0.01左右，可忽略下垫面不均一的影响。后来只在任一个方向上进行测量。

（二）反射率及反射辐射的日变化

以养路段乙场地（3200米）为例（见图27—4）。对于 \odot^2 情况下，7月23日较完整，加上24日上午的部分值，可看出日变化曲线呈U形，中午最小，早晚变大，上、下午大致

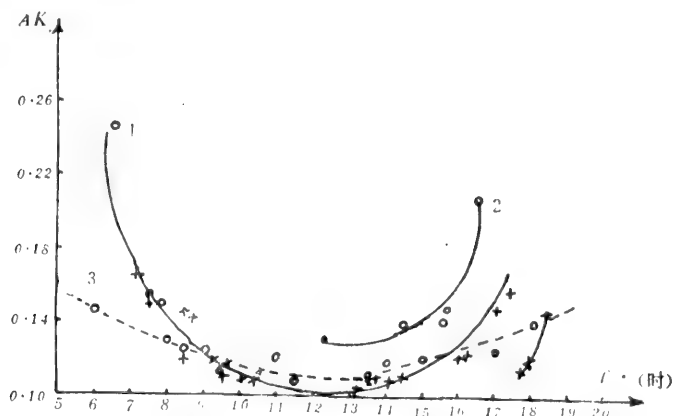


图27—4 云南松幼林反射率日变化（玉龙山3200m）

注：1.云南松 \odot^2 （7月23—24日） 2.云南松 \square （7月24日） 3.马尾松

对称。对于Ⅱ情况下，由于没有一天完整的观测，还很难断定。 \odot^2 下的反射率与太阳光的入射角 $h\lambda$ 有较好的指数关系（图27—5）。

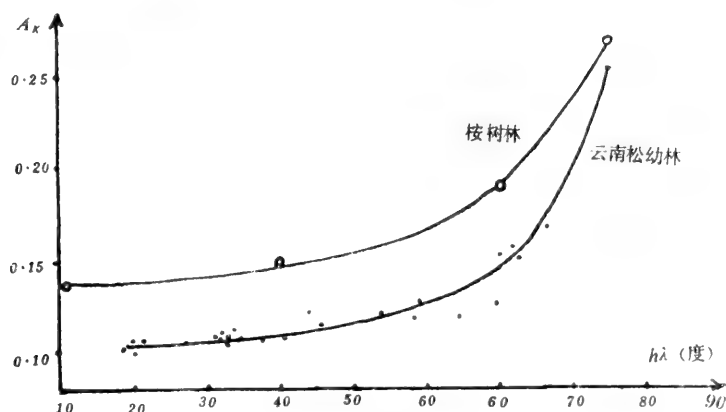


图27—5 \odot^2 下的反射率与入射角 ($h\lambda$) 的关系

假定：

$$A_k = a_k e^{kh\lambda} = a_k e^{k(90^\circ - h\odot)}$$

运用曲线回归方法⁽³⁾，求得 $a_k = 0.089$ ，即 $h\lambda = 0^\circ$ 时 ($h\odot = 90^\circ - h\lambda = 90^\circ$) 的反射率， $k = 0.008372$ 。在化成线性相关时，相关系数 $r = 0.8474$ ， $\alpha = 1\%$ 。用它计算23、24日的28次的反射率 A'_k ，与实测值比较，算得剩余标准离差 $S = 0.018$ 。若在 50° 以下，21次的 $S = 0.006$ 。可见曲线基本上能描述反射率与入射角（或太阳高度角）的关系。在 $h\lambda = 5^\circ - 55^\circ$ 时， A_k 与 $h\lambda$ 成线性相关，有：

$$A_k = 0.099 + 0.0003963h\lambda, \quad r = 0.85, \quad s = 0.003, \quad \alpha = 1\%$$

可见精度更高。

文献^[9]提供了若干地面反射率与太阳高度角的关系图。云南松的反射率介于该图中桉树林和平静海面之间。其数学关系式与本文的也基本上都是指数式。 \odot^2 下的云南松幼林的反射率与马尾松幼林的⁽⁸⁾反射率，平均差不多。只云南松的中午略小，早晚略高（见图27—5）。云南松的反射率比桉树林的^[7]约小0.03—0.05。

反射辐射的日变化，以7月23日为例， \odot^2 下的与总辐射类似。中午前后最大，上、下午大致对称。用计算总辐射日总量的办法，计算反射辐射的日总量，该日约为86.9卡/厘米²，占该日辐射日总量（722.1卡/厘米²）的12%，这即该日的平均反射率。如用正午附近的三次定时观测（ 9° ， 12° ， 15° ）的平均值作为日平均⁽¹¹⁾，则为11%，二者相差不大。

（三）各种下垫面的比较

将测得的云南松（3200米）、云杉林、草地（3450米）和裸露棕壤（3200米）等四种实际下垫面的反射率绘于图27—6中。虽然有的次数不多，但仍可看出一些大致的趋势。

（1）在不同的日光情况下和不同日测得数，严格地说不好比较。但粗略地看，反

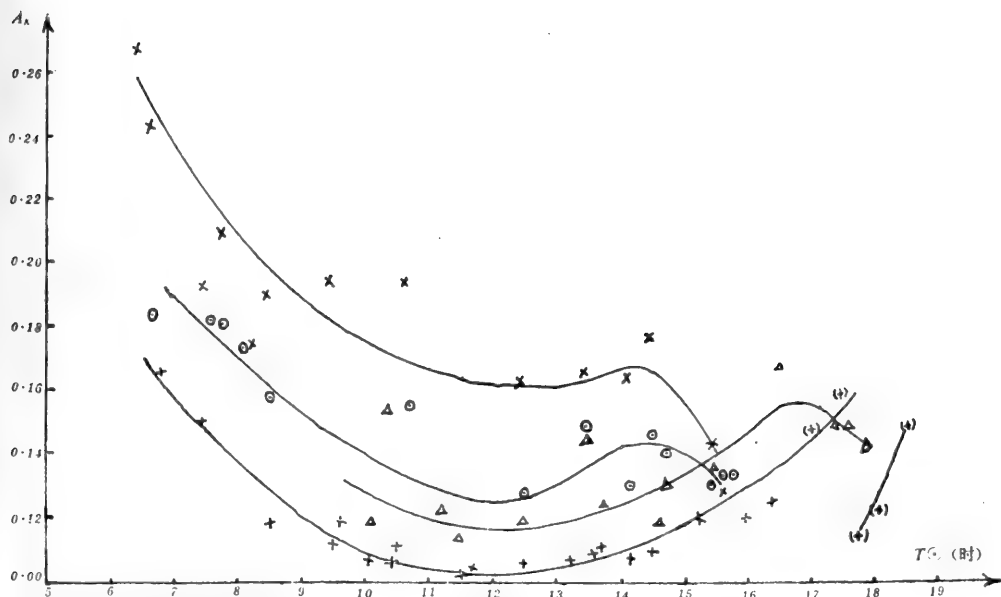


图27—6 不同下垫面的反射率

注: ×草地 (3450m) ⊙云杉 (3450m) △裸地 (棕壤3200m) +云南松 (3200m)

表27—8

各地不同下垫面反射率的比较

<div><div>A_k</div><div>h^\odot</div></div>		15°	30°	60°	近90°	日光情况	资 料 来 源
NO.	下垫面						
1.	云南松幼林	0.24	0.14	0.11	0.10	⊙ ²	玉龙山观测
	裸露棕壤			(0.130)	(0.116)	各种均有	
	云杉幼林	0.20	0.175	0.141	0.124		
	草地	0.270	0.213	0.176	0.162		
2.	马尾松幼林	0.14	0.13	0.12	0.11	⊙ ²	[8]
3.	桉树林	0.27	0.19	0.15	0.13		[1]
	干草场(半沙漠)	0.30	0.23	0.16	0.16		
4.	半枯的草	0.29	0.24	0.19			从[5]图214中读出
	石质土	0.18	0.15	0.12			
	粘土	0.33	0.22	0.17			
	干灰绿色土	0.30	0.27	0.24			
5.	草原	(0.21)	0.18	0.16	0.15		从[2]图3.7中读出

表27—9 玉龙山养路段（3200米）的直射、透明度和浑浊度

1981年 月 日	太阳高度 h \odot	相对大气质量 m	直接辐射 S(卡/厘米 ² 分)	透明系数 P	绝对大气质量			M=2时		
					M	修正后的直射	浑浊因子 T	外推浑浊因子 T _P	透明系数 P ₂	
7	22	51.6	1.28	1.34	0.737	0.865	1.38	3.07	2.57	0.735
	22	50.9	1.29	1.34	0.739	0.871	1.38	3.11	2.60	0.732
	22	50.0	1.31	1.34	0.742	0.885	1.38	2.97	2.49	0.742
	22	48.7	1.33	1.34	0.746	0.895	1.38	3.07	2.57	0.735
	22	25.0	2.36	1.11	0.783	1.594	1.15	3.11	2.60	0.732
	22	23.1	2.55	1.08	0.788	1.722	1.12	3.11	2.60	0.732
	28	65.3	1.10	1.36	0.711	0.743	1.40	3.31	2.75	0.718

射率云南松的最小,裸土、云杉幼林的高一些,草地的最高。

(2) 似乎四者都有大致相同的日变化,中午最小,其前后变大。草、云杉、裸土从 14° 以后显著下降,这可能与云加厚有关。

(3) 与其它各地的比较。从图27—6中的曲线估计出各个太阳高度角下的反射率值,并与文献〔1〕〔2〕〔5〕〔8〕中的有关值比较(见表27—8)。

云南松各次平均,约高于马尾松的,比桉树林的偏小,约0.04;云杉林的比云南松、马尾松约大0.02,比桉树小0.01;山上的草地比草原7月平均值大0.01—0.03,而与半沙漠的干草原差不多,比半枯的草小0.01—0.03。棕壤的可能与石质土的差不多。同类型的相差不大,最大的才0.01—0.03,可见玉龙山测得的几种下垫面反射率值是大致可靠的。

四、直接辐射与大气透明度

用养路段 \odot^2 时的直射,计算了透明系数 P 和 $M=2$ 时的 P_2 (按〔13〕)及浑浊因子 T 、外推浑浊因子 T_p (按〔14〕)。为了与〔13〕〔14〕一致,取太阳常数 $S_0=1.98$ 卡/厘米²分进行计算,气压是根据多元大气压高公式〔15〕算得为684毫巴。其结果如表:27—9。

可见 P_2 基本上消除了透明系数的虚拟日变程,比 T 、 T_p 的变化幅度还小。玉龙山7月的透明系数估计为 $P_2=0.73$ 左右,按〔13〕属第三级——“正常”($P_2=0.726-0.775$),与七月全国大气透明系数分布图是一致的。这就是说,玉龙山比其西侧的高黎贡山和东侧的四川、长江流域的透明度均高。玉龙山的外推浑浊因子 T_p ,与〔14〕中的全国 T_p 年平均分布图是一致的,即比我国东部地区的浑浊度要小,比青藏高原上的要大。这些是容易理解的,玉龙山观测地点的海拔高度(3200米),介于我国东部和高原之间,水汽含量等比东部少而比高原多。

五、小 结

(1) 所有辐射观测值,均按世界辐射测量基准(“W.R.R.”)传递。对辐射表误差的初步定量估算表明,总辐射表和直接辐射表的测量误差,估计至少在 $\pm 3\%$ 以上。两种辐射表的闭合实验是良好的,说明系统误差的订正处理是合理的。仪器在严格检定和误差订正后,可用于野外观测。

(2) 观测到瞬时总辐射值超过太阳常数三次,并与其它地方的值进行了比较,指出了这一现象的普遍性和对与总辐射相联系的辐射仪表量程设计的实际意义,初步分析了它的形成条件。

(3) 总辐射日变化属午前最大型,总辐射分别与太阳高度角、裸露土壤的地气温差有较好的线性相关关系,并给出了它们的经验公式。

(4) 玉龙山辐射日总量和日照时数至少在3200米以下随高度递减。主要原因是半山上云雾、降水比山下多。

(5) 晴天 \odot^2 下云南松幼林的反射率日变化呈U形;反射率与太阳光入射角(或太阳高度角)有较好的指数关系,并给出了经验公式。

(6) 玉龙山半山腰的云南松幼林、云杉幼林、草地及裸土的反射率与国内外有关的观测值基本上是一致的。

(7) 玉龙山半山上比我国东部透明度大、浑浊度小。

(8) 玉龙山半山上阳光的日照时间比平地少,有向低纬推移的趋势。

参 考 文 献

1. Dixon etc. (1978): 《Solar Energy Conversion》
2. Lockwood, John G. (1979): 《Causes of Climate》, P. 67.
3. 中国科学院数学研究所统计组编 (1979): 《常用数理统计》, 科学出版社, P. 82—90
4. Lamb, H. H. (1978): 《Climate: Present, Past, and Future, Vol. I. Fundamentals and Climate Now》, P. 17.
5. 康德拉捷夫, K. Я. 著 (1962): 《太阳辐射能》, 科学出版社, P. 513, 518
6. 布德柯, M. И (1960): 《地表面热量平衡》, 科学出版社, P. 49
7. 杨玉坡等 (1963): 《川滇云南松更新的研究》, 于《林业科学》
8. 洪启法等 (1963. 10): 《马尾松幼林小气候》, 于《林业科学》
9. Paltridge G. W. 等 (1981): 《气象学和气候学中的辐射过程》科学出版社。
10. 寇有观等: 《珠穆朗玛地区的太阳辐射》, 于《珠穆朗玛峰地区科学考察报告 (1966—1968) 气象与太阳辐射》科学出版社。
11. 陈建绥: 《中国地表反射率的分布及其变化》于《地理学报》, 1964年2期
12. B. C. Biship (1966): 《Solar Radiation Measurements in the High Himalayas》*J. of A. M.*, 1966 Feb.
13. 王炳忠等: 《我国的大气透明度及其计算》于《太阳能学报》, 1981年2卷1期, P. 13—22.
14. 王炳忠等: 《我国大气浑浊因子的计算及其分布》, 于《气象》1982年1期, P. 6—8.
15. 特维尔斯基伊, П. H.: 《气象教程》, P. 132, 高等教育出版社, 1959年。

SUMMARY OF RADIATIVE OBSERVATION ON YULONG MOUNTAIN

Wen Chuanjia, Gao Shenghuai

(Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

Solar radiations and other relative climatic elements on Yulong Mountain in Yunnan province are preliminary observed in middlelast decades of July, 1971. All instruments were calibrated. Pyrheliometer scale is delivered

by "WRR". Following main results are gained.

(1) The albedos of surface for young forest of *Pinus yunnanensis* and bare soil, and their daily changes are observed at 3200m. Above sea level, for young forest of *Picea asperata*, and grass are observed at 3450m above sea level. The comparison with observations at home and abroad indicated that they are basically equivalent. The experimental formula in the form of exponent between albedos and incident angles of solar radiation on clear day is given by regression method.

(2) Daily maximum globe radiation occurs at forenoon. The linear regression equation between globe radiation and solar angle and difference of surface temperature on bare soil and temperature on surface of vegetation are given. Because clouds, fogs and rainfall amount on half way up the mountain are more than that on the foot of the mountain. The total daily amount of globe radiation and sunshine-hours are, decreased with increasing elevation.

(3) It is on half way up the mountain that coefficient of transparency is more than that in east China, that turbidity factor is less than that of east China, and that insolation duration by orographic condition is less than that on the foot of mountain.

动植物区系的发生与演化

28. 玉龙山兰科植物的地理分布和区系组成

郎楷永

(中国科学院植物研究所)

玉龙山位于云南西北部横断山区,是介于澜沧江与金沙江之间的云岭山脉的主峰。其南边面临丽江,西北边以金沙江相隔与哈巴雪山遥相对峙。玉龙山地处北纬 $27^{\circ}10'$ — $27^{\circ}40'$,东经 $100^{\circ}10'$ — $100^{\circ}20'$ 。主峰扇子陡高达6,000米,南侧近山脚的玉湖公社(雪松村)海拔约2700米,相对高差达3300米。山上群峰林立,高耸陡峻,峰峦坝谷,地形复杂。由于海拔高度的差异,使各个垂直高度上的气候、雨量、土壤等诸条件也有差异,从而在不同的海拔高度、不同的环境中出现各种不同的植被类型。不同植被类型由不同的区系植物组成,植物种类丰富,区系成分较为复杂。兰科植物也是如此。

玉龙山虽然过去有不少国内、外植物学工作者先后进行过植物方面的调查和采集,大多属于分类方面的。1957年国内植物学工作者对玉龙山的自然环境、植物群落、和流石滩植被等等作过专门的论述,有文发表^{[2][3][4]}。对玉龙山的兰科植物的系统采集、整理研究至今还未有过。1981年我们有机会到玉龙山考察、采集,在采集植物区系标本中,其中兰科植物标本采集了近百号及近30号浸泡花标本。经系统整理,正确鉴定,现知玉龙山有兰科植物16属,37种。

一、兰科植物在玉龙山的地理分布

(1) 垂直分布

第一,从玉湖公社(雪松村)上山经蚂蝗坝、大岩洞(宿营地)至黑石山和雪海子——东南坡一线。在玉湖、雪松村附近一带、海拔2700米的草地上有:厚瓣玉凤花 *Habenaria delavayi* 和凸孔阔蕊兰 *Peristylus coeloceras*; 在往上海拔2800—3400米(蚂蝗坝附近)的云南松林带中依次出现有:缘毛鸟足兰 *Satyrium ciliatum*, 椭圆叶舌唇兰 *Platanthera bakeriana*, 叉唇角盘兰 *Herminium lanceum*, 小花火烧兰 *Epipactis helleborine* (2800—3000米), 宽萼舌唇兰 *Platanthera latilabris* (2900米), 凸孔阔蕊兰 *Peristylus coeloderas* (3000和4250米), 凹唇舌唇兰 *Platanthera sinica* (3100—3400米); 在靠近蚂蝗坝的林缘及林下还有大花鸟巢兰 *Neottia megalechila*; 在蚂蝗坝之上大岩洞(海拔3700米)附近的冷杉 *Abies forrestii* 林带中,有云南沼兰 *Malaxis yunnanensis*; 在大岩洞之上的高山杜鹃灌丛至高山草甸中,有矮角盘兰 *Her-*

minium chloranthum (3800—4200米)，西南手参*Gymnadenia orchidis*和广布红门兰*Orchis chusua* (3800—4200米)；从大岩洞至雪海子沿途的高山草甸中，有西南手参*Gymnadenia orchidis* (3800—4200米)，矮角盘兰*Herminium chloranthum* (3800—4250米)，广布红门兰*Orchis chusua* (3800—4200米)，凸孔阔蕊兰*Peristylus coeloceras* (3800—4250米)和角盘兰*Herminium monorchis* (4000—4200米)等5种(较前者多2种，其分布上线也相近)。从黑石山与雪海子来看地生兰的分布上限是在海拔4200—4250米。在4250米以上至4500米地段未见到兰科植物。

第二，从玉湖东，经干海子、黑、白水、林业局养路道班至牦牛坪—东坡一线。从低到高分布的兰科植物如下：在玉湖往东的原飞机场草地中(海拔2700米)，有长距玉凤花*Habenaria davidii*；在往上的干海子(海拔2830米)一带的草坝中，有绶草(花紫红至粉红色)*Spiranthes sinensis*，粉叶玉凤花*Habenaria glaucifolia*，落地金钱*H. aitchinsoni*，舌喙兰*Hemipilia cruciata*，宽萼角盘兰*Herminium souliei*；在往上的白水河(海拔2850—2900米)的河滩草地中，有宽药隔玉凤花*Habenaria limprichtii*，绶草(花白色，少数带粉红色)*Spiranthes sinensis*，广布红门兰*Orchis chusua*；在河谷两岸的云南松*Pinus yunnanensis*林下，有缘毛鸟足兰*Satyrium ciliatum*，落地金钱*Habenaria aitchinsoni*，四川玉凤花*H. szechuanica*，小花火烧兰*Epipactis helleborine*，宽萼角盘兰*Herminium souliei*，长瓣角盘兰*H. ophioglossoides*，裂瓣角盘兰*H. alaschanicum*，无距角盘兰*H. ecalcaratum*，纤茎阔蕊兰*Peristylus manni*，扇唇舌喙兰*Hemipilia flabellata*，广布红门兰*Orchis chusua*，峨眉无柱兰*Amitostigma faberi*；河谷岸旁石上附生有独蒜兰*Pleione bulbocodioides*；在往上的黑水河谷山坡林下，有斑叶杓兰*Cypripedium margaritaceum*和广布红门兰*Orchis chusua*；在海拔3100米处的林业局养路道班附近的云南松林林缘，有缘毛鸟足兰*Satyrium ciliatum* (3100—3300米)，一种阔蕊兰*Peristylus sp.*，云南沼兰*Malaxis yunnanensis*，小花火烧兰*Epipactis helleborine*，椭圆叶舌唇兰*Platanthera bakeriana* (3100—3300米)，凹唇舌唇兰*P. sinica* (3100—3300米)和大花鸟巢兰*Neottia megalachila*；往上在海拔3200米的冷杉林下，有粉叶玉凤花*Habenaria glaucifolia*，小山兰*Oreorchis foliosa*；在同海拔高度的林间草地中，有绶草(花白色至粉红色)*Spiranthes sinensis*，四裂无柱兰*Amitostigma basifoliatum*，叉唇角盘兰*Herminium lanceum*，西南手参(3200—3400米)；在海拔3300米处的另一林间草地中，有四裂无柱兰*Amitostigma basifoliatum*，短距手参*Gymnadenia crassinervis*和角盘兰*Herminium monorchis*；在牦牛坪海拔3400—3500米的亚高草地中有西南手参，宽萼角盘兰*Herminium souliei*，宽唇角盘兰*H. josephi*和广布红门兰*Orchis chusua*。

此外，在玉湖东侧的母猪沟内有离萼杓兰*Cypripedium plectrochilon*和短距红门兰*Orchis brevicarata*二种兰科植物。

从上述兰科植物在玉龙山的垂直分布可以归纳如下：①半附生兰(独蒜兰*Pleione bulbocodioides*)的分布上限在海拔2900米。②地生兰类如玉凤花属(*Habenaria*)，舌喙兰属(*Hemipilia*)，无柱兰属(*Amitostigma*)，火烧兰属(*Epipactis*)，山兰属(*Oreorchis*)，杓兰属(*Cypripedium*)；以及角盘属(*Herminium*)和阔蕊兰属

(*Peristylus*) 两属中的某些成员, 如叉唇角盘兰和一种阔蕊兰, 其分布上限是在海拔3400米, 即蚂蝗坝与牦牛坪一带。③从我们在玉龙山考察的东南坡和东坡两条线来看, 地生兰分布的上限在海拔4200—4250米。

(2) 水平分布

玉龙山产的37种兰科植物, 在东亚的水平分布如下: 其中属北温带的广布种(分布至邻近国家), 有小花火烧兰*Epipactis helleborine*, 叉唇角盘兰*Herminium lanceum*, 角盘兰*H. monorchis*, 广布红门兰*Orchis chusua*, 绶草(花白色至紫红色) *Spiranthes sinensis* 5种(4属); 另外, 裂瓣角盘兰*Herminium alaschanicum*和半附生性的独蒜兰*Pleione bulbocodioides*, 在东亚也较为广布, 但仅局限于我国境内。其余30种它们的分布范围, 均为从我国西南(云南、贵州、四川、西藏)以及包括湖北、湖南和甘肃南部向西分布至喜马拉雅地区。向西分布至喜马拉雅地区(邻国)的种类, 有宽唇角盘兰*Herminium josephi*, 西南手参*Gymnadenia orchidis*, 小山兰*Oreorchis foliosa*, 椭圆叶舌唇兰*Platanthera bakeriana*, 宽萼舌唇兰*P. latilabris*, 纤茎阔蕊兰*Peristylus mannii*和缘毛鸟足兰*Satyrium ciliatum* 7种(6属)。余下的23种均属我国的特有种, 它们主要分布在我国西南四个省、区, 少数种往东分布至湖北或湖北往北分布至甘肃南部, 其中特产于云南西北部的仅有凹唇舌唇兰*Platanthera sinica* 1种。仅分布于滇西北和川西的, 有四裂无柱兰*Amitostigma basifoliatum*, 峨眉无柱兰*A. faberi*, 四川玉凤花*Habenaria szechuanica*, 长瓣角盘兰*Herminium ophioglossoides*, 大花鸟巢兰*Neottia megalechila*, 短距红门兰*Orchis brevicealcarata*和金川阔蕊兰*Peristylus sp.*等7种(6属)。仅分布于藏东至藏东南、云南、四川和贵州的, 有凸孔阔蕊兰*Peristylus coeloceras*, 宽萼角盘兰*Herminium souliei*, 无距角盘兰*H. ealcaratum*, 短距手参*Gymnadenia crassinervis*, 落地金钱*Habenaria aitchinsoni*, 厚瓣玉凤花*Habenaria delavayi*等6种(4属)。余下的如斑叶杓兰*Cypripedium margaritaceum*, 离萼杓兰*C. plectrochilon*, 长距玉凤花*Habenaria davidii*, 宽药隔玉凤花*H. limprichtii*和云南沼兰*Malaxis yunnanensis*, 它们中有的往东可以分布至湖北和湖南; 有的往北可分布至甘肃南部。

值得提出的是四川玉凤花*Habenaria szechuanica*和峨眉无柱兰*Amitostigma faberi*, 前者模式于四川北部松潘, 后者模式产于四川峨眉山, 通过去年赴玉龙山考察, 发现它们向南分布至滇西北玉龙山, 是云南首次记录。另外, 舌喙兰*Hemipilia cruciata*分布于滇西北、川西, 也分布于台湾省的高山上。

从上述诸种在东亚的水平分布来看, 7种(隶属4属)是广布北温带或东亚, 其中有的是东亚植物区的广布种。其余30种的分布范围均是从我国西南(包括湖北、湖南和甘肃南部)向西分布至喜马拉雅地区。大都是局限于我国西南及其毗邻省, 占总种数的81%, 属于特产我国西南省区的尤多。

二、玉龙山兰科植物的区系组成

(1) 温带的东亚区系成分为主

将玉龙山此次记述的16属,按其属的分布区可以划分为以下各个类型。

世界广布:沼兰属 (*Malaxis*) 1种。

热带亚洲大洋洲间断分布:阔蕊兰属 (*Peristylus*) 3种。

热带亚洲、非洲间断分布:鸟足兰属 (*Satyrium*) 1种。

热带印度至华南(特别是云南)分布:独蒜兰属 (*Pleione*) 1种。

北温带:杓兰属 (*Cypripedium*) 2种,火烧兰属 (*Epipactis*) 1种,绶草属 (*Spiranthes*) 1种,红门兰属 (*Orchis*) 2种,玉凤花属 (*Habenaria*) (6种),舌唇兰属 (*Platanthera*) (3种),手参属 (*Gymnadenia*) (2种)。

旧世界温带:角盘兰属 (*Herminium*) 8种,鸟巢兰属 (*Neottia*) 1种。

东亚:无柱兰属 (*Amitostigma*) 2种,舌喙兰属 (*Hemipilia*) 2种,山兰属 (*Oreorchis*) 1种。

从上述各类型可以看出:①属世界广布类型有一属一种,在区系分析时常不加考虑。②属热带分布类型有3属(5种),占总属数的18.8%和总种数的13.5%。③属温带分布类型有12属(31种),占总属数的75%,占总种数的83.8%,明显显示出以温带分布类型的属为多,是以温带的东亚区系成分为主的特点。

(2) 地生兰类为多

玉龙山的兰科植物中无真正的附生兰类,仅具半附生性的一属,即独蒜兰 (*Pleione*) 1种,腐生兰类的鸟巢兰属 (*Neottia*) 1种,其余14属均为地生兰类,清楚显示出以地生兰类占绝对优势的另一特点。

在玉龙山上地生兰类中种类最多的属是角盘兰属 (*Herminium*),共8种。该属我国共有18种,占总种数的41.1%,是玉龙山高山草地及林间草地中的主要种类之一;其次是玉凤花属 (*Habenaria*),有6种,分布的上限是海拔3200米;还有舌唇兰属 (*Platanthera*) 3种,常在海拔2800以上与玉凤花属的成员混生,但其某些种类分布的海拔略高,上限达海拔3400米。这3属均是温带东亚兰科区系的主要属,从而也显示出玉龙山兰科区系的特点。

(3) 种类较丰富和分化较活跃

我们通过采集、考察,现知有16属,37种。是较为丰富,其中某些属中成员的分化是较活跃的,如手参属 (*Gymnadenia*) 约6种,我国产5种,其现在的分布中心和分化中心均在横断山区。其中西南手参 (*G. orchidis*) 与短距手参 (*G. crassinervis*),其最主要区别点在于前者的唇瓣距长于子房或至少等长于子房,而后的唇瓣距较子房短一倍,它们在西藏是界限清楚的两个好种。在玉龙山东坡海拔3200米的林间草地中出现一些植株在盛开花期时唇瓣距稍短于子房,长于子房的 $\frac{1}{2}$ 以上,介于前两种之间,使原来分种界限清楚的种,其分种界限变模糊。更有趣的值得介绍的是手参属中的西南手参 *G. orchidis*,在玉龙山大岩洞至黑石山和雪海子途中,海拔3800—4200米的高山草地上,我们发现在同一居群 (*Population*) 中个体间的差异、变化很大,但性状彼此间又是连续的。在同一片草地中,有的个体花紫红色,苞片和花序轴为绿色;也有花为紫红色,苞片变浅紫色;有的连花序轴也变浅紫至紫色;有的花为粉红色,苞片绿色或带淡紫色,花序轴绿色;有的花为纯白色或粉白色,苞片与花序轴均为绿色。上述花颜色有

一系列的变化幅度，与之相关的苞片和花序轴的颜色也伴随有相应的变化，表明该属和属中的西南手参在玉龙山的分化是活跃的。另外如绶草 *Spiranther sinensis*，在玉龙山的干海子草地中，多数植株的花为紫红色，也发现少数植株的花为粉红色或略带粉色。在白水河滩和东坡的林间草地中却见着多数的花为白色，也发现其中有少数植株的花带粉红色，紫红色花与白色花两者，我们对花的各部形状进行了比较，结果是一样的，作同属一种处理。在同一个居群中，个体之间分异颇大且连续，看来是种内的分化较活跃的反映。

综上所述玉龙山兰科植物区系的特点是以地生兰类为多，以温带的东亚区系成分为主，种类较丰富，分化较活跃。

参 考 文 献

- [1] 吴征镒、王文采 (1957)：《云南热带亚热带地区区系研究的初步报告》，于《植物分类学报》6 (2) 187—192。
- [2] 邱莲卿、金振洲 (1957)：《玉龙山的自然环境概况》，于《云南大学学报》(自然科学) 第4期，1—18。
- [3] 邱莲卿、金振洲 (1957)：《玉龙山植物群落概况》，于《云南大学学报》(自然科学) 第4期，19—130。
- [4] 姜汉桥、朱维明 (1957)：《玉龙山流石滩植被初步观察》，于《云南大学学报》(自然科学) 第4期，163—196。
- [5] 吴征镒 (1979)：《论中国植物区系的分区问题》，于《云南植物研究》，(1) 1—19。
- [6] 郎楷永 (1980)：《西藏兰科植物的地理分布和区系特点的研究》，于《植物分类学报》18 (4) 391—407。
- Hara, H., W.T. Stearn and L.H.J. Williams, 1978: An Enumeration of the Flowering plants of Nepal 1: 30—58.
- Hooker, J.D., 1890: The Flora of British India 5: 667—864, and 6: 1—198.
- Takhtajan, A., 1969: The floristic region of the world.
- Flowering plants Origin and dispersal appendix II. 240—253.

THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND FLORISTIC COMPOSITION OF THE ORCHID FLORA IN YULONG SHAN, LIJIANG, IN NORTH-WESTERN YUNNAN

Lang Kaiyong

(Institute of Botany, Academia Sinica)

Abstract

Yulong Shan, situated at the Hengduan Mountain region in north-western Yunnan, 100°10'—100°20'E, 27°10'—27°40'N, is a perpetually snow-

copped mountain. It is highest peak of Yun-Ling Mountain Range between Lancang River (Mekong River) and Jinsha River (Yangtze River), its highest snow peak, known as Shan-Zi-Dou, is 6000 m above sea level, with a relative height of c. 3300 m.

The orchid flora in Yulong Shan so far known comprises 16 genera and 37 species. ✓

1. The vertical distribution of the orchids in Yulong Shan.

1). The upper limit for the half epiphytic orchid, *Pleione bulbocodioides*, is at 2900 m above sea level.

2). The upper limit for the terrestrial orchids, such as *Habenaria*, *Hemipilia*, *Amitostigma*, *Epipactis*, *Oreorchis*, *Cypripedium*, etc., is 3400 m (Ma-Huang-ba and Mao-Niu-ping), while its highest limit is 4200-4250 m above sea level, in south-eastern flank and eastern flank of Yulong Shan.

2. The horizontal distribution of the orchids in Yulong Shan in the Eastern Asian Region.

1). Seven species, belonging to five genera, are widespread, covering the whole region.

2). Thirty species, belonging to 13 genera, range from the south-west of China (including Yunnan, Xizang, Sichuan and Guizhou) westwards to the Himalayan region. Among them 23 species are endemic to China.

3. The floristic composition of the orchid flora in Yulong Shan.

1). There are 12 temperate genera (over 80% of the total orchid genera), and 3 tropical genera (only 13.5% of the total orchid genera) in this region. The orchid flora is mainly consisted of the temperate East-Asian elements.

2). The terrestrial orchids in Yulong Shan have 35 species, belonging to 14 genera, while the half epiphytic and saprophytic orchids are represented by one genera and one species only. The orchids here are mainly terrestrials.

3). Yulong Shan is rather rich in orchid species, having 16 genera and 37 species so far known. Remarkable differentiation exhibits in *Gymnadenia*, *Spiranthes*, etc. as a result of the occurrence of the interspecific types between *Gymnadenia orchidis* and *G. crassnervis*. Besides, there also exist in species such as *Gymnadenia orchidis* and *Spiranthes sinensis* individual variations in flower colours in the same population.

29. 横断山脉东亚光萼苔科植物的分布中心

罗健骞 汪楣芝

(中国科学院植物研究所)

横断山脉，又称扬子—澜沧—怒江分水岭，是世界闻名的青藏高原重要组成部分，地处我国西藏东南部、四川西部和云南西北部。主要有怒江、澜沧江、金沙江三条大江自青藏高原向南奔腾而下，把青藏高原东南部边缘海拔4200米左右高原劈裂成多条纵向

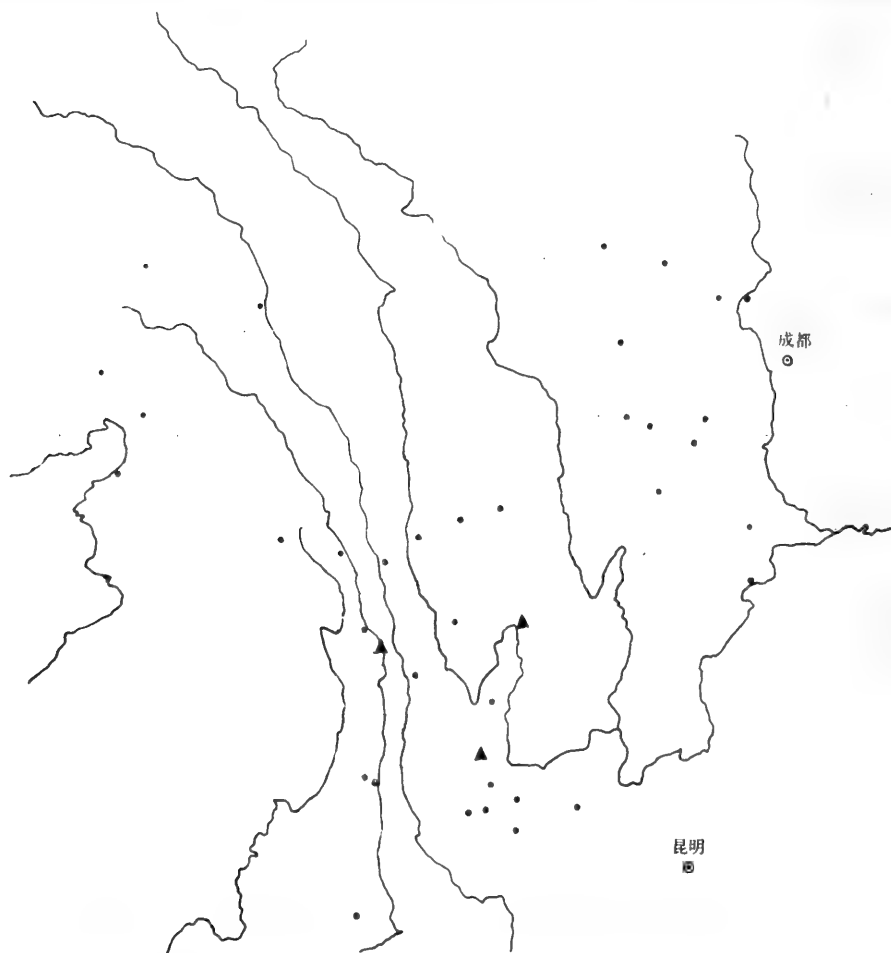


图29—1 光萼苔科 (Porellaceae) 在横断山脉的分布图

· 标本采集地 ▲ 曾记录的产地

深谷，故又称为“三江地区”或“纵谷地区”。地势由西北向东南倾斜，大部分地区为高山峡谷。主要山脉与江河相间并列，南北纵贯。境内最高的贡嘎山，海拔7556米，最低的河谷仅几百米，两者相差6000—7000米之多。全区具独特的地质构造，地形复杂，大部分地区海拔3000米以上。由于喜马拉雅山系隆起的影响和地壳仍处于强烈上升阶段，如此巨大的海拔高度，大大地改变了原有的自然景观和地带性，从而在亚热带的纬度地区发育着类似于温带和寒温带的山地植被与土壤。本地区气候类型多样，在同一山地随着海拔高度的变化，形成了不同的生物气候垂直带。由于自然条件十分复杂，自然资源非常丰富，生物种类繁多，可称为生物资源的宝库。这在世界上很罕见，自然科学工作者对它一直怀着极大的兴趣。

Stephani (1892—1897、1910)，Herzog (1925)，Nicholson (1930)，徐文宣 (1960)，黎兴江 (1963)，Hattori (1967—1978)，Po'cs (1968) 曾对本地区的光萼苔科 (Porellaceae) 作过零星记录。根据多年来我们研究所收藏的横断山脉 (指云南腾冲以北、四川雅安以西的地区) 的光萼苔科标本和1981年我们*参加综合考察搜集到的本科标本，以及中国科学院昆明植物研究所、云南大学、中国科学院成都生物研究所和四川雅安中学等提供的部分标本，初步作一报道，其分布如图29—1。1982年至1983年野外考察继续进行，今后将可能搜集到更多的种类，待今后继续研究。

光萼苔科在苔类植物中是植物体较粗大，形态多变，种类较多，分布较广的大科之一。现知全世界共三个属，其中光萼苔属 (Porella) 种类最多，世界各洲均产。横断山区三个属均有分布，而且种类非常丰富，现知共有36种 (包括亚种和变种，其中有1个新种和2个种为我国新纪录)，约占我国本科植物的 $\frac{2}{3}$ 以上。

一、分 类

分属检索表

1. 腹瓣基部一侧和腹叶基部两侧卷曲呈囊状，叶片每个细胞均具一个大形圆球形乳头状疣，叶边缘有多数密生的缘毛状齿，齿长约5—10个细胞…………… (一) 耳坠苔属 (Ascidiota) (图29—2)
1. 腹瓣基部一侧和腹叶基部两侧决不卷曲呈囊状，叶细胞不具疣，叶边全缘或有齿…… 2
2. 叶片、腹瓣和腹叶强烈皱波曲，似瓣状；孢蒴裂瓣长度为孢蒴长度的 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ ，成熟时6—12瓣开裂；弹丝单列螺纹加厚，淡绿色；蒴萼成熟时皱褶多…………… (二) 多瓣苔属 (Macvicaria) (图29—2)
2. 叶片、腹瓣和腹叶不呈强烈皱波曲 (仅少数种类基部边缘微波曲)，孢蒴成熟时常4瓣开裂；弹丝2列螺纹加厚，褐色；蒴萼成熟时皱褶少…………… (三) 光萼苔属 (Porella)

* 共同采集苔藓标本的考察人员有：汪楣芝、罗健馨、李沛琼、郎楷永、李良千、何其果、王金亭、李勃生等。本文承蒙王文采、洪德元先生审阅，郭木森同志绘部分图，谨表感谢。

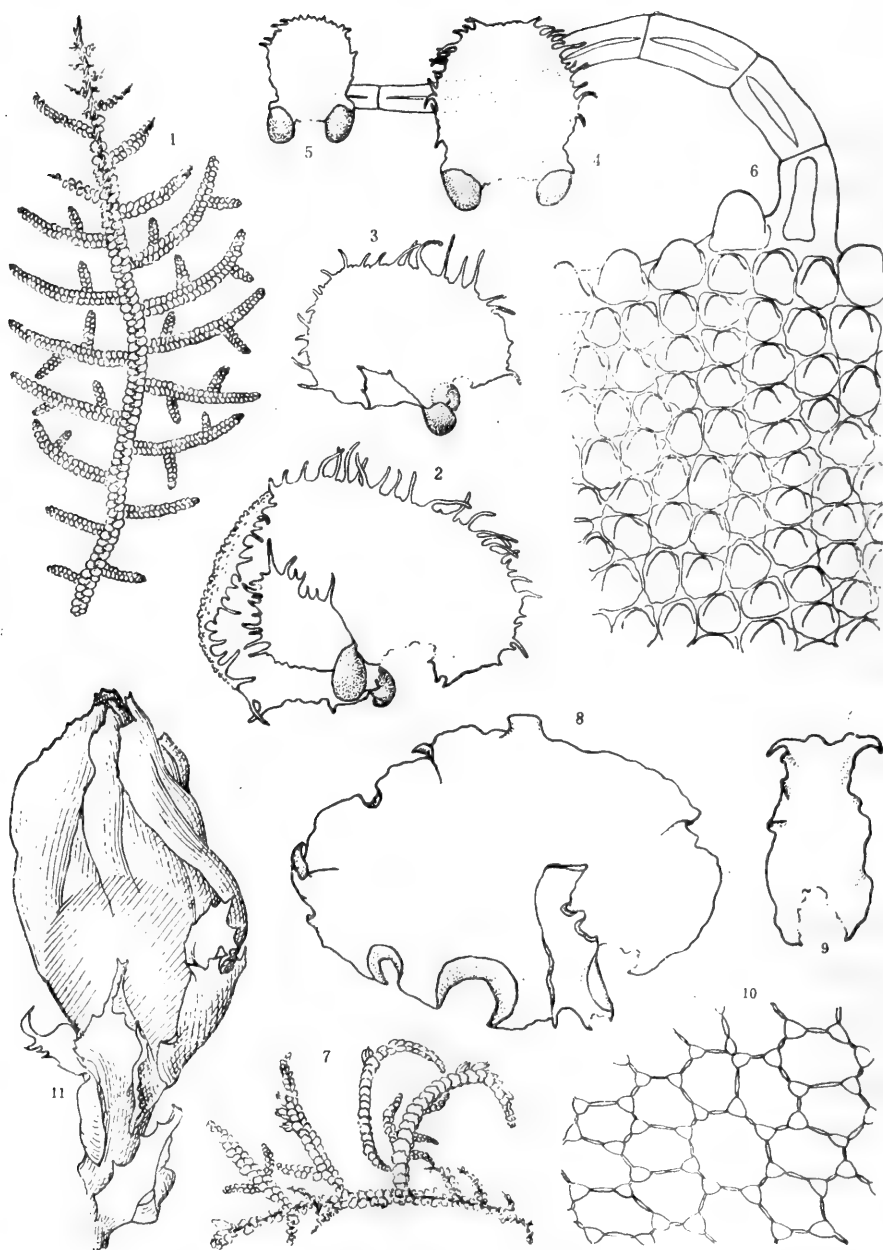


图29—2 耳坠苔和多瓣苔

1. 植株 2. 叶 3. 枝叶 4. 茎腹叶 5. 枝腹叶 6. 叶边缘细胞 7. 植株 8. 叶片和腹瓣 9. 腹叶 10. 叶中部细胞 11. 蒴萼

(一) 耳坠苔属 (*Ascidiota* Mass)

耳坠苔属为单种属，只有耳坠苔 (*Ascidiota blepharophylla* Mass.) 1种，最早发现于我国陕西省秦岭，后在横断山区云南省丽江的玉龙山采到。另外，Steere &

Schuster (1960) 报道, 在北美洲的阿拉斯加另有 1 亚种 (subsp. *alaskana*)。这进一步表明我国同北美洲的植物区系的密切联系。

(二) 多瓣苔属 (*Macvicaria* Nichols.)

多瓣苔属现知仅 1 种。最早是 F. Stephani 把本种订为光萼苔属的一种 *Madotheca ulophylla* Steph., 后来, W. E. Nichols. 把我国云南省丽江玉龙山, 海拔 2700 米的地方采集到的本种标本, 建立一新属, 即多瓣苔属, 仅 1 种 *Macvicaria fossombronioides*

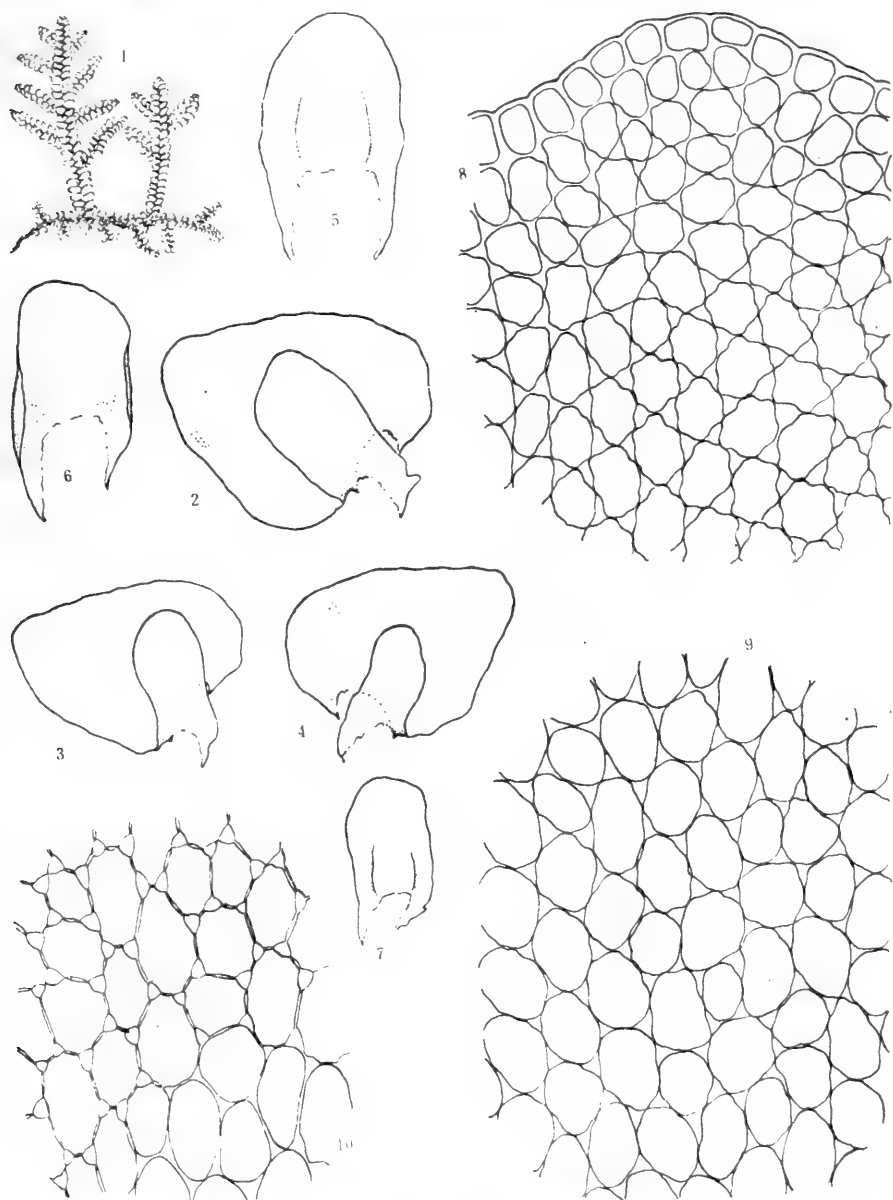


图29—3 平叶光萼苔

1. 植株 2. 茎叶和腹瓣 3—4. 枝叶和腹瓣 5. 茎腹叶 6—7. 枝腹叶 8. 叶尖细胞
9. 叶片中部细胞 10. 叶片基部细胞

Nichols, 后经 S. Hattori 等人的研究, 认为本属独立存在是适当的, 其种名应为多瓣苔 (*Macvicaria ulophylla* (Steph.) Hatt.), 分布于日本, 朝鲜和我国。很明显, 多瓣苔属为东亚特有, 见图29—3。应提出的是我们在鉴定我国的本属标本中, 发现产于我国东北、华北、江苏和浙江的植物, 其植株较细小, 连叶片宽约1.5—2毫米, 干时黄绿色, 叶较稀疏着生于茎、枝上, 叶片皱波曲较少。而生长于我国西南和福建省的标本, 植物体显然较粗大, 连叶片宽3—4毫米, 干时褐黄色, 叶密集着生于茎、枝上, 叶片皱波曲多。

(三) 光萼苔属 (*Porella* L.)

光萼苔属是本科中科类最多, 分布最广的一属。全世界有100多种。现知我国约有40多种, 而横断山区就有34种。我们根据光萼苔属的特征及其地理分布规律, 把本属划分为四个组。

一) 光萼苔组 Sect. *Porella*

本组植物体一般较细小, 叶片(侧叶)多为圆形或长圆形, 尖部圆形或钝, 平展, 叶边多全缘或有疏短齿。现知本地区有8种。

分种检索表

1. 叶片较短, 近于圆方形或阔卵形; 腹瓣较短, 其长度约为叶片宽度的 $\frac{1}{2}$ …………… 2
1. 叶片较长, 近于长圆形或长卵形; 腹瓣较长, 其长度约为叶片宽度的 $\frac{2}{3}$ 以上…………… 4
2. 叶片、腹瓣和腹叶全缘…………… 3
2. 叶片尖端有时具不规则疏齿; 腹瓣和腹叶基部有不规则疏齿……………①日本光萼苔 (*P. japonica*)
3. 叶片近于圆方形, 长大于宽; 腹瓣小, 舌形, 尖端较狭, 圆形, 基部一侧短下延; 腹叶小, 舌形, 基部两侧短下延……………②光萼苔 (*P. pinnata*)
3. 叶片阔卵形, 宽大于长; 腹瓣较大, 阔舌形, 尖端阔, 宽圆形, 基部一侧长下延; 腹叶较长, 椭圆形, 基部两侧长下延……………③平叶光萼苔* (*P. planifolia*)
4. 叶片较短、卵圆形, 尖端较狭钝; 腹瓣较短, 舌形; 基部一侧和腹叶基部两侧常皱波状下延……………④中华光萼苔 (*P. chinensis*)
4. 叶片较长、长圆形, 尖端宽圆形或近于截形; 腹瓣较长、狭舌形, 基部一侧和腹叶基部不呈皱波状下延…………… 5
5. 叶片全缘…………… 6
5. 叶片尖端常有不规则疏齿……………⑤高山光萼苔 (*P. oblongifolia*)
6. 腹瓣较长大, 基部无齿; 腹叶较大, 基部无齿……………⑥亮叶光萼苔 (*P. nitens*)
6. 腹瓣较短小, 基部一侧具不规则的齿; 腹叶较小, 基部两侧具不规则的齿…………… 7
7. 植物体较大, 叶片狭长、长圆形; 腹瓣较长大、舌形, 基部一侧波状下延; 腹叶较大, 基部两侧波状下延……………⑦全缘光萼苔 (*P. javanica* *P. integrifolia*)
7. 植物体较小, 叶片较短、卵圆形; 腹瓣较短小、狭舌形, 基部一侧具不规则的齿; 腹瓣较大, 基部两侧具不规则的齿……………⑧基齿光萼苔 (*P. madagascariensis*)

二) 卷叶组 Sect. *Involuta* Wu et Lou

本组植物体较小，叶片较短、圆形，卵圆形或卵形，尖部宽阔、圆形或较钝，内卷（仅少数种外卷），叶边全缘（仅少数种例外）。现知本地区有6种。

分种检索表

- 1.植物体不具光泽，叶片卵形，尖端较狭钝；腹瓣较短，近于卵形..... 2
- 1.植物体具光泽，叶片卵圆形，尖端宽圆；腹瓣较长，舌形..... 4
- 2.叶片尖端和边缘内卷..... 3
- 2.叶片尖端和边缘外卷.....①卷叶光萼苔 (*P.revoluta*)
- 3.腹瓣较小，卵形；腹瓣的宽度约为腹叶宽度的1/2，尖端常内卷，基部一侧短下延，腹叶较小，长圆形，尖端内卷，基部两侧短下延.....
.....②温带光萼苔 (*P.platyphylla*)
- 3.腹瓣较大，阔卵形；腹瓣的宽度约为腹叶宽度的2/3，边缘常内卷，基部一侧长下延，腹叶较大，近于圆形，边缘内卷，基部两侧长下延.....
.....③延叶光萼苔 (*P.decurrens*)
- 4.腹瓣较狭长，窄舌形，下部或基部或多或少具不规则的疏齿；腹叶基部两侧常具不规则的疏齿..... 5
- 4.腹瓣较宽阔、几乎与腹叶的大小相近似、近于长圆形或椭圆形，基部一侧和腹叶基部两侧无齿.....④大叶光萼苔 (*P.macroloba*)
- 5.腹瓣和腹叶具不规则的疏齿.....⑤疏刺光萼苔[△] (*P.spinulosa*)
- 5.腹瓣仅基部一侧和腹叶基部两侧或多或少具不规则的疏齿.....
.....⑥细枝光萼苔 (*P.gracillima* *P.urogea*)

三) 尖叶组 Sect. *Acutifolia* (Steph.) Wu et Lou

本组植物体较大，叶片卵形或长卵形，尖部锐尖或长尖，平展，叶边全缘或尖部具疏齿。现知本地区有10种。

分种检索表

- 1.叶片心状卵形或阔卵形，急尖或钝尖..... 2
- 1.叶片长卵形或狭卵形，渐尖或狭长尖..... 4
- 2.腹瓣较大，舌形或卵形..... 3
- 2.腹瓣短小，狭舌形.....①小瓣光萼苔 (*P.fengii*)
- 3.叶片质较厚，急尖；腹瓣舌形，尖端圆形，平展，腹叶尖端平展.....
.....②陕西光萼苔 (*P.propinqua*)
- 3.叶片质较薄，尖端狭钝；腹瓣狭舌形，尖端狭钝，内卷；腹叶尖端内卷.....
.....③耳叶光萼苔 (*P.frullanioides*)
- 4.叶片平展，腹瓣较大，腹叶全缘..... 5
- 4.叶片后缘内卷，腹瓣较小，腹叶尖端常有2齿.....④尖叶光萼苔 (*P.setigera*)
- 5.叶片尖端常具2—4短齿，腹瓣长大，舌形..... 6
- 5.叶片全缘，腹瓣较小、狭舌形..... 7

△ 我国新记录

6. 叶片较短, 卵形, 尖端较钝而短.....⑤密叶光萼苔 (*P. densifolia*)
6. 叶片较长, 长卵形, 尖端较狭长.....⑥长叶光萼苔 (*P. densifolia* subsp. *appendiculata*)
7. 叶片长卵形, 狭尖; 腹瓣较阔, 舌形.....⑦丛生光萼苔 (*P. caespitans*)
7. 叶片狭长卵形, 尖端狭钝或尾状长尖; 腹瓣较窄, 狭舌形..... 8
8. 叶片尖端狭钝, 叶细胞壁较薄..... 9
8. 叶片尖端呈尾状长尖, 叶细胞壁厚.....⑧尾尖光萼苔 (*P. handelii*)
9. 叶片较短, 长卵形, 尖端有疏短齿.....⑨疏齿光萼苔[△] (*P. subobtusa*)
9. 叶片较长、狭长卵形, 全缘.....⑩钝瓣光萼苔 (*P. obtusiloba*)

四) 多齿组 Sect. *Crassidentata* Wu et Lou

本组植物体大形, 叶片阔卵形或长圆形, 尖部钝头或锐尖, 平展, 多具粗齿或毛状长齿。现知本地区有 8 种。

分种检索表

1. 植物体较小, 叶片尖端具多数粗短齿..... 2
1. 植物体较大, 叶片尖端具多数粗齿或毛状长齿..... 3
2. 腹瓣小, 狭舌形, 其长度约为叶片宽度的 1/2, 全缘; 腹叶较小, 长圆形, 全缘.....①小瓣光萼苔 (*P. plumosa*)
2. 腹瓣较大, 舌形, 其长度约为叶片宽度的 2/3, 尖端有时具疏齿; 腹叶较大, 近于椭圆形, 尖端有时具疏齿.....②短瓣光萼苔 (*P. ptychantha*)
3. 叶片较短、长圆形, 尖端圆宽或狭尖、具多数粗齿; 腹瓣和腹叶尖端全缘或具粗齿..... 4
3. 叶片狭长, 长圆状披针形, 狭长渐尖, 具多数毛状长齿..... 6
4. 植物体较粗大, 叶片尖端圆宽.....③粗齿光萼苔 (*P. campylophylla*)
4. 植物体较细, 叶片狭长尖..... 5
5. 叶片较短, 尖端较狭, 具少数短粗齿; 叶细胞壁较薄.....④东亚光萼苔 (*P. campylophylla* var. *tosana*)
5. 叶片较长, 狭长细尖, 具多数长粗齿; 叶细胞壁厚.....⑤舌叶光萼苔 (*P. campylophylla* var. *ligulifera*)
6. 叶片阔卵形或长圆状披针形; 腹瓣和腹叶尖端和边缘具多数毛状长齿..... 7
6. 叶片卵状披针形; 腹瓣和腹叶仅尖端具多数毛状长齿.....

-⑥尖瓣光萼苔 (*P. acutifolia*)
7. 叶片长圆状披针形, 腹瓣较长、舌形.....
-⑦毛边光萼苔 (*P. perrottetiana*)
7. 叶片阔卵形; 腹瓣较短、长圆形.....
-⑧齿叶光萼苔 (*P. perrottetiana* var. *ciliatodentata*)

平叶光萼苔 新种 图29—3

植物体绿色或黄褐色, 无光泽。较小或中等大小, 茎长约2—5厘米, 规则羽状分枝, 枝条较细, 长约3—15毫米。叶密集覆瓦状着生, 茎叶阔卵形, 宽大于长, 长约1.3—1.5毫米, 宽约1.5—1.8毫米, 尖端圆形, 全缘, 平展。叶细胞薄壁, 近于圆形或多边形, 三角体明显, 叶上部细胞较小, 约 $20-25 \times 20-30$ 微米, 中部细胞较大, 约 $22-25 \times 32-35$ 微米。枝叶较茎叶小, 长约0.9—1.1毫米, 宽约1.3—1.6毫米。腹瓣较短, 舌形, 长约0.8—0.9毫米, 宽约0.33—0.59毫米, 尖端圆形, 全缘, 平展, 基部一侧长下延; 腹叶较大, 椭圆形, 长约0.94—1.1毫米, 宽约0.82—0.94毫米, 尖端圆形, 全缘, 平展, 基部两侧长下延, 腹叶细胞较狭长。其它未见。

本种与光萼苔 (*Porella pinnata* L.) 相近似, 但本种叶片较短, 阔卵形, 长小于宽; 腹瓣较大; 腹叶大, 椭圆形, 而明显不同。

产四川省汶川县, 卧龙自然保护区, 沙湾—英雄沟, 石上, 海拔1900—2500米, 罗健馨3667 (3) (模式标本存中国科学院植物研究所标本室)。

Porella plantifolia Lou, sp. nov. fig. 4

Planta viridis luteo-brunnea, non lucida, parva vel mediocris. Caulis ad 2—5cm. longus, regulariter pinnatim ramosus. Rami leviter graciles, 3—15mm. longi. Folia caulina imbricata, late ovata, 1.2—1.5mm. longa, 1.5—1.8mm. lata, apice late rotunda, margine integra, planiuscula. Cellulae folii rotundo-quadratae trigonis distinctis, superiores parvis $20-25 \times 20-30 \mu$, medianae majores $22-25 \times 32-35 \mu$. Folia rami quam caulina minores 0.9—1.1mm. longa, 1.3—1.6mm. lata. Lobulus brevis ligulatus, 0.8—0.9mm. longus, 0.33—0.59mm. latus, apice late rotundus, margine integer, latere uno decurrens. Amphigastria marjora, 0.94—1.1mm. longa, 0.82—0.94mm. lata, elliptica, apice rotunda, margine integra planiuscula, basi utrinque decurrentia, cellulae longiores quam foliorum. Caetera ignota.

Species *P. pinnatae* L. affinis sed differt foliis brevioribus, late ovatis, Longioribus quam latioribus, lobulis majoribus apice late-rotundia, amphigastriis maginis, ellipticis apice rotundis.

Sichuan: Wenchuan, Wolong Nature Reserve, Sha Wan — Ying Xiong Gou, on rock, 1900m. growing with other Bryophytes VIII. 1982, Lou Jian-shing 36667(c) (Type in Herb., Institute of Botany, Academia Sinica)

二、地理分布

在地理分布上,光萼苔科广布于全世界五大洲,但形态上特化的耳坠苔属(Asci-diota)局限于我国云南省丽江玉龙山,陕西省秦岭和北美洲的阿拉斯加的高山地区,明显呈间断分布。多瓣苔属(Macvicaria)在我国大部分地区均有分布,向东延伸到朝鲜和日本,为典型的东亚特有属。从形态上看,在中华光萼苔的部分标本中,叶片、腹瓣和腹叶基部明显呈微皱波曲,与多瓣苔属植物较相近似。不难看出,多瓣苔属可能系从中华光萼苔(*P. chinensis*)一类具波形叶的植物进一步特化所致。光萼苔科的分布如表29—1。

表29—1 光萼苔科(Porellaceae)分布表

属 名	种的总数	亚洲	热带美洲	欧洲和北美洲	非洲	大洋洲
Asci-diota	1种和1亚种	1		1亚种		
Macvicaria	1种	1				
Porella*	153种	66	45	17	14	11

从表中可以看出,光萼苔属是本科中主要的属,分布广,种类多。近年来, Hattoriⁱ研究了亚洲地区的光萼苔科,他确认的有60种,但未完全包括我国的种类。Lawrence等报道了拉丁美洲有26种光萼苔。总之,可以清楚看到,光萼苔科植物在亚洲和热带美洲两地区的种类最丰富。亚洲的大部分种类我国均有分布,而横断山区又集中了我国本科植物种类的2/3以上。可以认为横断山脉是东亚光萼苔科的频度中心,从此向四周种数递减。如:现知光萼苔科植物我国陕西省约有12种,湖北省有8种,东北(三个省)有12种。日本约有18种。越南约有13种。新几内亚有4种。澳大利亚有3种。新西兰仅有1种。

从与其它地理区的关系来看,横断山脉的光萼苔与非洲相同的种类仅1种,与欧洲和北美洲相同的有4种,与日本相同的有8种,与印度、尼泊尔、斯里兰卡、锡金、缅甸、泰国、越南、菲律宾、印度尼西亚等地相同的有17种。本地区特有的6种。由此可以认为,横断山脉,包括我国云南西北部、四川西部、西藏(现知有23种光萼苔)东南部和缅甸北部是东亚光萼苔科植物的现代分布中心。

很有趣的是在横断山脉包括了本科中某些较原始的类群,不仅光萼苔属的四个组均有分布,而且较原始的光萼苔组和卷叶组中的种类较多。同时本属中较进化的尖叶组和粗齿组的种类更丰富,这与本地区处于亚热带,而又直接受喜马拉雅山系强烈抬升的影响,自然条件产生变异和复杂性密切相关。

* 根据Stephani (1910年)的报道

THE MOUNTAIN HENGDUAN, THE DISTRIBUTIONED CENTRE FOR EAST-ASIATIC PORELLACEAE (HEPATICEAE)

Lou Jian-xin Wang Mei-zhi
(Institute of Botany, Academia Sinica)

SUMMARY

Porellaceae, one of the larger families in Hepaticae, is known to contain 3 genera and more than 100 species.

Distributed in the area under consideration are all these three genera, *Ascidiota*, *Macvicaria* and *Porella*. The former two are monotypic, while the last has 36 species so far identified in this area.

Ascidiota blepharophylla Mass., first discovered in the Mt. Qin Ling, Shanxi province, China, was later found in the Mt. Yu Long Lijiang, Yunnan prov. Another member of the species, subspecies *alaskana*, has been reported in Arctic Alaska, providing another instance showing the close phytogeographical relationship between the Eastern Asia and North America.

Macvicaria has its area in Japan, Korea and most part of China, and is thus endemic to the Eastern Asia.

Porella, the largest genus of the family, is distributed all over the world, with 17 species in Europe and North America, 14 in Africa, 45 in Tropical America, 11 in Australia and 66 in Asia and Oceania, according to Stephani. Recently, Hattori has recorded 60 species in Asia, but not all the species in China are included. In Latin America there are 26 species according to Lawrence and others. However, most numbers of the genus are inhabitants of Eastern Asia and south America.

Porella is rather concentrated in this area with 34 species known so far. China has about $2/3$ of the total species in Asia and the Mt. Hengduan has in turn $2/3$ of the total species in China. It seems clear that the area including Northern Yunnan, Western Sichuan, Southeastern Xizang (Tibet) and Upper Burma is the distribution center of the porellaceae in Eastern Asia.

30. 横断山高等真菌的分布规律

臧 穆

(中国科学院昆明植物研究所)

本文系1980—1981年野外真菌考察的初报。

所行仅基于滇西北横断山区，基本是横断山区的中段，即怒江、澜沧江和金沙江的三江地区。目前已调查的地区主要是高黎贡山、玉龙山、中甸和德钦；川西南横断山区，是横断山脉的东段和北段，其中进行调查的地点，主要是乡城一带即沙鲁里山以南地区。

在滇西北横断山区，峰线高度北段一般在4500米以上，南段则在4000米以下，在高黎贡山南端龙陵境内的小黑山海拔仅3001米。川西南横断山区，一般海拔在3000米以上，其北部的贡嘎山海拔7590米。南部安宁河流域切割下达1000米以下。

真菌由于其异养的特性，其分布的范围总是存在着活的有机体和腐烂的以及未腐烂的有机物质。因此真菌的分布总是与当地的植被、动物有密切关系。不同真菌对木质素、多糖类、基质酸碱度等要求的各异，因之往往形成了与该地生物和环境相应的分布范围；钙丝菌属*Badhamia*总是生于含有石灰质的砂壤中。魔牛肝菌*Boletus satanas* Lenz.喜钙，而乳牛肝菌*Suillus bovinus* (L.ex Fr.) O. Kuntze 则喜酸而嫌钙，且与云南松*Pinus yunnanensis* Fr.有菌根关系。但真菌的分布范围又绝不限于同地的植被分布范围，其分布范围和幅度远比同地的种子植物要广、垂直分布的幅度也较大。因为广泛分布在地下的大量菌丝和真菌的繁殖器官以及大气层中的真菌孢子远非种子植物所能比拟。一般说，在离地表向下至20厘米间的土层中，取一克的干土样计算，其所储真菌孢子数可多达一百万颗，放线菌孢子两百万颗，不包括细菌(Waksman, 1917)。离地球表面至10公里高的大气层中，均有真菌孢子分布，少数孢子比此可能还高(Pizozyncki 1968)。横断山区的峰壑切割悬殊，气流运动激烈，真菌孢子的迁移和扩散的程度是不言而喻的。加以本区水流湍急、水温多变，这对真菌的传播、杂交、迁移和定居，随着山势水流的复杂，其分布规律也因之而独特多变。

现仅就该地区某些具代表性的真菌和有关植被的垂直分布，划分作四带。其垂直分布情况如表30—1。

第一，在干旱河谷地带，真菌以鸡枞菌(Termitophilic fungi)为代表。本带的上限高度和干湿度在不同地区是极不一致的。怒江以西的片马和相邻地区，温热潮湿，海拔在1000米上下。由于热带植被的分布和热带作物的栽培，不少热带成分的真菌相应而生。香蕉暗双孢*Cordana musae* (Zimm.) Hohn. 是巴蕉属*Musa*的专主热带寄生菌。在热带和亚热带地区由于白蚁的普遍出现，与白蚁有互惠作用的鸡枞属的两种：小果

表30—1 滇西北和川西主要代表真菌和植被垂直分布表

4500m.	<i>Cordyceps sinensis</i> 高山草甸	<i>Cordyceps sinensis</i> 高山草甸	<i>Cordyceps sinensis</i> 高山草甸
4000m.	<i>Exobasidium</i> <i>Pieridis</i> <i>Cortinarius</i>	<i>Exobasidium</i> <i>rhododendri</i> <i>Cortinarius</i>	<i>Suillus</i> <i>Cortinarius</i> 高山暗针叶林
3500m.	高山暗针叶林	高山暗针叶林	<i>Tricholoma</i> <i>matsutake</i> <i>Boletus</i> 亚高山针阔叶林
3000m.		<i>Tricholoma</i> <i>matsutake</i> <i>Morchella</i>	
2500m.	<i>Dictyophora</i> <i>Boletus</i> <i>megasporus</i> 亚高山针阔叶林	<i>Gastroboletus</i> 亚高山针阔叶林	<i>Termitomyces</i> 干旱河谷低地
2000m.	<i>Sinotermitomyces</i> 干旱河谷低地	<i>Cordyceps sobolifera</i> 干旱河谷低地	
1500m.			
1000m.	阳坡↔阴坡	阳坡↔阴坡	阳坡↔阴坡
工作地点	片马 碧江 福贡	维西 丽江	中甸 德钦 乡城
纬度	26°—27°	27°—27°45'	27°50'—29°
经度	98°20'—98°50'	98°50'—101°	99°—101°
流域	怒江	澜沧江 金沙江	金沙江 无量河

鸡枞菌*Termitomyces microcarpus*(Berk. et Br.) Heim和粗柄鸡枞菌*T. robustus*(Beeli) Heim。特有属华鸡枞菌属2种：空柄华鸡枞*Sinotermitomyces cavus* Zang和肉柄华鸡枞*S. carnosus* Zang. (Zang, 1981, 1981 (a))。这都体现出古南大陆的热带种属，分布于本区的河谷低地。在福贡附近海拔约1300米处的橘属植物上，尚发现热带成分的

柑桔痂囊腔菌 *Elsinoe fawcettii* Bitanc. et Jenk. 和酸橙节卵孢 *Oospora citri-aurantii* (Ferr.) Sacc. et Syd.。沿怒江北上,已越北纬27°。

由此向东北至维西、丽江、乡城、德钦等地,在澜沧江和金沙江河谷海拔2600米以下,更趋干热。分布在干热河谷灌丛带,种子植物出现多刺,叶片具密毛或呈肉质的耐旱特征。蝉茸 *Cordyceps sobolifera* (Hill) Berk. et Br. 往往见于沿江岸的柳树下。在金沙江河谷近奔子澜2700米处的稀叶牡荊上的牡荊膨痂锈 *Pucciniastrum clemensiae*. Arthur et Cummins 是一个热带亚洲的锈菌,而向北延至北纬28°19'。在三江流域的大部分干旱河谷地带,由于旱、雨季节分明,且干旱季节较长。随着海拔的升高、紫外线强,高温干旱,因此孢子多隔或具网格,以及孢子色泽较深褐的真菌类群,如丝孢菌目 Hyphomycetales (Moniliales) 和腔孢纲 Coelomycetes 真菌相应增多。另外如白粉病菌在一些地带也有发现,该类真菌其寄主的种类是很多的,已知其寄主植物有7187个种和变种。禾白粉菌 *Erysiphe graminis* DC 可寄生在禾本科的608种植物上 (Hirata 1966)。而此地禾本科植物占优势,故较易发现白粉菌类。但由于调查的季节较早,仅见无性世代。

第二,在亚高山针阔叶林下的大量高等真菌以牛肝菌类 *Boletus* 和松口蘑 *Tricholoma matsutake* 为代表。这是植物种类最丰富的地带,地区差异也很大,常绿阔叶和阔叶落叶、针阔混交的现象极不一致。其上下限随不同地区变动甚大,真菌尤其如此。一般说上限变动在3000—3500米,下限在2000—2500米之间,片马等地低于1200米。由于地表森林植被的覆盖,增强了植物根系和菌根的活跃。在松栎等混交林下,具有共生菌根的牛肝菌科极为丰富。菌类吸收的水分和挥发出的氨基 (ethanol) 等。丁醇 (isobutanol), 酮类 (acetoin), 与木本植物根系产生的多种萜类,进行交换。生物间的某些物质在根际间相互交换 (allelopathy) 和对有害物质的相克作用 (antagonistic), 呈现出在稳定和不稳定间的自然平衡。阴坡地带的多种牛肝菌是极为习见的,如林牛肝菌 *Boletus sylvestris* Petch, 金色牛肝菌 *B. rufo-aureus* Mass., 巨孢牛肝菌 *B. megasporus* Zang. 而下列牛肝菌既见之于阴坡,有时也见于阳坡,如美味牛肝菌 *Boletus edulis* Bull. ex Fr., 陈香牛肝菌 *B. citrifragrans* Zang, 黄粉末牛肝菌 *Pulveroboletus ravenelii* Berk. et Curt., 红绒盖牛肝菌 *Xerocomus chrysenteron* (Bull. ex Fr.) Quel., 黄癞头 *Leccinum crocipodium* (Letl.) Watling 等。在生有松栎林的阳坡,如滇中、滇西北的云南松 *Pinus yunnanensis* Franch, 华山松 *P. armandii* Franch, 及四川乡城一带的黄栌 *Quercus ponnosa* H.-M. 林下,普遍分布松口蘑,该菌川西称“青岗菌”,除已知与松属有菌根关系外,据说尚与栎属有菌根关系。竹荪属也是一个较重要的属,长裙竹荪 *Dictyophora indusiata* Fisch 多见于1500米以下的湿热地区,短裙竹荪 *D. duplicata* Fisch 和红托竹荪 *D. rubro-velvata* Zang, Jee et Liou, 分布在海拔2000米上下,黄裙竹荪 *D. multicolor* Berk. et Br. 见于碧罗雪山和西藏察隅,可达2300米上下 (如图30—1)。

猴头菌属是针阔叶林和暗针叶林的代表真菌,已知4种。海拔2000—3000米的猴头菌 *Hericium erinaceus* (Bull. ex Fr.) Pers., 主要生于阔叶树干上;海拔2500—3400米的玉髯 *Hericium coralloides* (Scop. ex Fr.) Gray, 和分枝猴头菌 *H. ramosum*

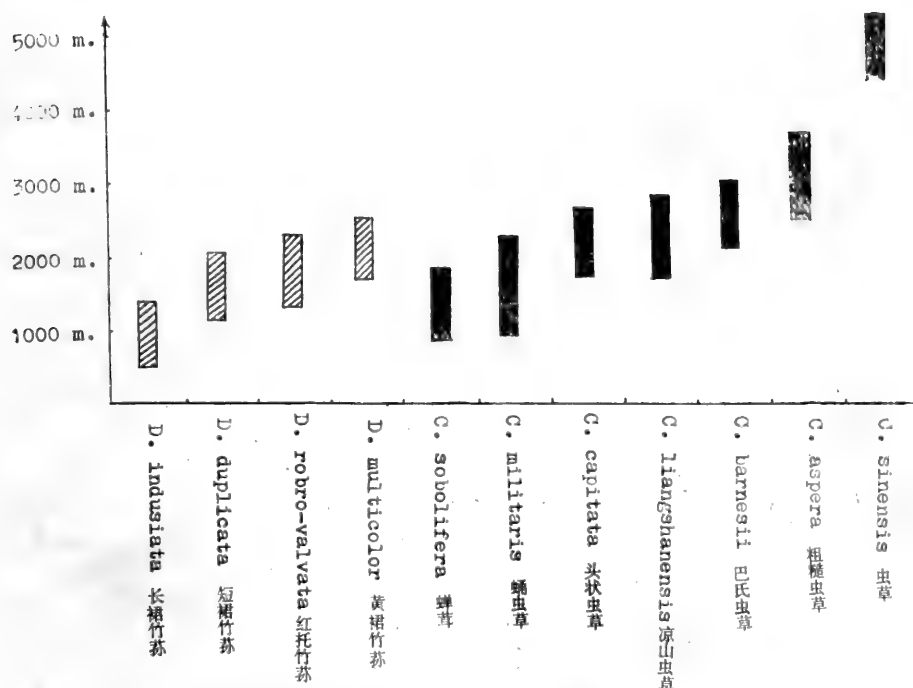


图30—1 横断山区竹荪属*Dictyophora*与虫草属*Cordyceps*垂直分布图

(Bull. ex Merat) Letellier, 生于针叶树干和杜鹃、桦木等阔叶树干上；海拔 3400 米以上的高山猴头菌 *H. alpestre* Pers., 仅见于永中雪山的针叶树干上。

腹牛肝菌 *Gastroboletus boedijnii* Lohwag, 原记录是丽江玉龙山, 以腹菌型内藏子实层的特征, 与牛肝菌科其他属相异。本种现已在中甸、德钦和乡城一带相继发现；与北美同属的其他两个种是间断分布种, 即鳞盖腹牛肝菌 *G. scabrosus* Mazzer et Smith. (密西根) (Smith & Thiers 1971) 和陀螺孢腹牛肝菌 *G. turbinatus* (Snell) Singer et Smith (俄勒冈, 米苏里)。腹牛肝菌属的三种菌见图30—2。

川钉菌 *Gomphus szechwanensis* Petersen 是滇北与川西的特有种 (Petersen 1971), 本种模式为 Abbe Farges 1894 年采于四川。该种由 Patouillard 鉴定为 *Cantharellus floccosus*, 现存于 Farlow 标本室；近来我们在德钦 (3700 米), 乡城 (4000 米) 相继发现。

本区凡在海拔 2900 米以下的阔叶林中, 落叶层较厚, 林荫较暗, 附生植物较多的阴坡, 多出现亚热带成分的皮伞菌属和小伞属。如鬼毛针 *Marasmius equicrinis* Muell., 大孢皮伞 *M. macrosporus* Zahlbr., 圆盖小皮伞 *M. rotula* (Scop. ex Fr.) Fr., 绿小伞菌 *Mycena chlorophos* Berk. et Curt. 和尖顶羊肚菌 *Morchella conica* Pers.。随着海拔的稍增高, 并在阳坡的高山松 *Pinus densata* Mast. 和高山栎 *Quercus rehderiana* H-M 林下, 则为温带成分的乳菇和毒伞属所取代, 如黄盖伞 *Amanita junquillea* Quel. 小托毒伞 *A. farinosa* Schweinitz, 赭盖毒伞 *A. rubescens* (Fr.) S. F. Gray, 毛头乳菇 *Lactarius torminosus* (Fr. ex Schaeff.) Gray., 白乳菇 *L. piperatus* (L. ex Fr.) Gray. 等。

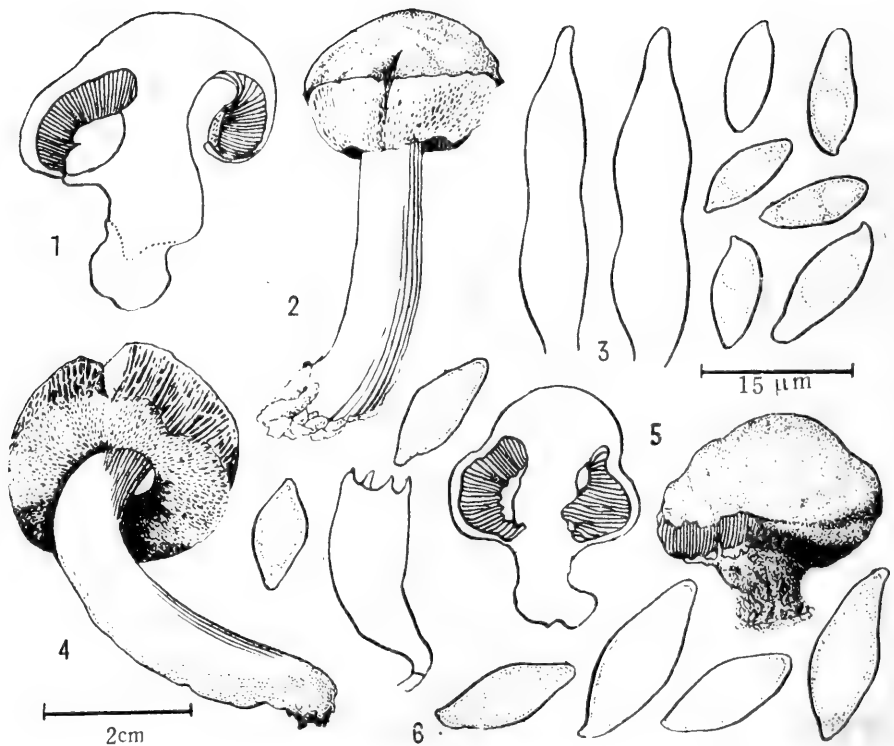


图30—2 腹牛肝菌属的三种菌

1. 腹牛肝菌 *Gastroboletus boeditjnti* Lohwag. 据 Lohwag (丽江玉龙山) 2. 外形 (云南德钦, HKAS 8681) 3. 孔缘囊状体和担孢子 (HKAS 8681) 4. 鳞盖腹牛肝菌 *G. scabrosus* Mazzer et Smith. (北美种, 密西根 Otis Lake) 5. 陀螺孢腹牛肝菌 *G. turbinatus* (Snell) Sing. et Smith. 外形和切面 6. 担子和担孢子 (北美种, 密苏里 Valley park, Bolete Herbarium of Walter H. Snell. No. 345. 据同模式。

其中赭盖毒伞可分布于4000米以上。

第三, 高山暗针叶林下则以乳牛肝菌和丝膜菌为代表。暗针叶林是本区森林资源最主要的林带, 主要的树种是云杉属和冷杉属, 阴坡尤为明显。本带分布的下限约在3000—3500米, 上限在3900—4200米左右。乳牛肝菌属是一个优势属, 已知有8种。如褐环乳盖牛肝菌 *Suillus luteus* (L. ex Fr.) Gray. (高山松、云杉林下, 于维西、丽江、乡城); 点柄乳牛肝菌 *S. granulatus* (Fr.) Kuntz. (高山松、云南松、华山松, 于滇中、永胜、丽江、乡城); 乳牛肝菌 *S. bovinus* (L. ex Fr.) Karst. (高山松, 于中甸、德钦、乡城); 琥珀乳牛肝菌 *S. placidus* (Bonarden) Sing. (高山松、华山松、云杉, 于碧江、维西、丽江、德钦) 等。以上诸种均为温带成分, 但分布的海拔高度比欧洲与北美, 要高出1000—1600米, 因为本区纬度较低。本带的上沿杜鹃林下, 有两种外担子菌较为习见, 一是杜鹃外担子菌 *Exobasidium rhododendri* Cram. 另一是南烛外担子菌 *E. pieridis* Henn.。以阴坡而论, 暗针叶林下, 丝膜菌属是一个极有代表性和数量上均占优势的类群。如兰丝膜菌 *Cortinarius caerulescens* (Schaeff.) Fr. (高黎贡山、维西、德钦、乡城); 紫丝膜菌 *C. purpurascens* Fr. (高黎贡山、德钦);

尖孢丝膜菌 *C. fulgens* (Alb. et Schw.) Fr. (维西、乡城)；巨丝膜菌 *C. largus* Fr. (德钦、乡城)；栗色丝膜菌 *C. castaneus* (Bull.) Fr. 最高可见于德钦的白马雪山高山草甸中4500米处，巨柄丝膜菌 *C. macropus* (Pers.) Fr.，光孢丝膜菌 *C. triumphans* Fr. 普遍见于云杉林下。多孔菌科在此也是一个为数较多的科，在3000米上下的倒木上的硫色炱孔菌 *Laetiporus sulphureus* (Bull. ex Fr.) Bond. et Sing. 桦木干上的桦滴孔菌 *Piptoporus betulinus* (Bull. ex Fr.) Karst. 在3500米上下的云杉干上的多种层孔菌，如火木层孔菌 *Phellinus ignigarius* (L. ex Fr.) Quel.，哈氏木层孔菌 *Ph. hartigii* (Allesch. et Schnabl) Imaz. 冷杉木层孔菌 *Ph. pini* (Thore ex Fr.) Ames var. *abietis* Karst.，以及多种的多层多孔菌属 *Fomes*，多孔菌属 *Polyporus*，灵芝属 *Ganoderma*，栓菌属 *Trametes* 等均较习见。在海拔3500—4100米的冷杉树干和倒木上，最近发现的红胶杯耳 *Femsjonina rubra* Zang，是至今所知胶耳科分布的最高记录了。

第四，在高山灌丛草甸地的真菌以虫草为代表。其下限约在3900—4200米，由此向上灌木明显减少，而代之以草甸植被，如珠芽蓼 *Polygonum viviparum* L.，绿绒蒿属 *Meconopsis*，禾本科、莎草科等矮小草本。雪茶 *Thamnia vermicularis* (Sw.) Ach. 与虫草 *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. 其分布高度一般在4200米以上，后者分布区是滇西北、川西、贵州西北、甘肃和青藏高原，这是一个典型的与高山蝙蝠蛾、珠芽蓼等有密切联系的高山真菌。虫草属在横断山脉地区因海拔和寄主的不同，形成不同的代替种。(图表—1) 如按海拔由低而高顺序排列，大致如下：蝉茸 *Cordyceps sobolifera* (Hill) Berk. et Br. (寄主：蝉属 *Cicada*)；蛹虫草 *C. militaris* (L.) Link. (寄主：鳞翅目 *Lepidoptera* 的蛹)；头状虫草 *C. capitata* (Holmsk.) Link.，(寄主多种)；凉山虫草 *C. liangshanensis* Zang, Liu et Hu (鳞翅目)；巴氏虫草 *C. barnesii* Thwait (金龟子 *Lamellicornia*)；粗糙虫草 *C. aspera* Patouillard (鞘翅目 *Coleoptera*)；虫草 *C. sinensis* (Berk.) Sacc. (蝙蝠蛾 *Hepialus armoricanus* Oberthur.)

参 考 文 献

1. Hirata, K. (1966): Host range and geographic distribution of the powdery mildews, Niigata Univ., Niigata, Japan.
2. Nicot, J. (1960): Some characteristics of the microflora in desert sands. In "Ecology of soil fungi". (D. Parkinson & J. S. Waid, eds) PP. 94-97. Liverpool Univ. Press, Liverpool.
3. Petersen R. H. (1971): The genus *Gomphus* and *Gloeocantharellus* in North America. *Nova Hedwigia* 21(1): 102.
4. Pirozynski K. A. (1968): Geographical distribution of fungi, in The fungi an advanced treatise (G. C. Ainsworth & A. S. Sussman eds.) 3: 487-503. Academic Press.
5. Smith A. H. & H. D. Thiers (1971): The Boletes of Michigan PP. 396-

397. The Univ. Michigan Press.
6. Waksman S. A. (1917): Is there any fungus flora in the soil? *Soil Sci* 3: 565-589.
 7. Zang Mu (1981): *Sinotermatomyces*, a new genus of *Amanitaceae* from Yunnan, China. *Mycotaxon* 13(1): 171-174.
 8. 臧穆 (1981): 《云南鸡枞菌属的分类与分布的研究》, 于《云南植物研究》3(3): 367-374
 9. 臧穆、刘道庆、胡若英 (1982): 《中国虫草属亚属的划分及新种报道》, 于《云南植物研究》4(2): 173-176

A PRELIMINARY REPORT ON THE DISTRIBUTION PATTERN OF HIGHER FUNGI IN HENGDUAN MOUNTAINS

Zang Mu

(Kunming Institute of Botany,
Academia Sinica, Kunming)

Summary

The distribution pattern and characteristics of higher fungi in Hengduan Mountains constitute one of the most interesting problems worthy of investigation. A preliminary result has been achieved through the Chinese mycologists and bryologists as well as other life sciences explorers attended the Hengduan Mountains Comprehensive Expeditions and collected fungal specimens, especially in Kaolikung Mountain, the valleys of Nuchiang River, Lantsang River, Chinsha River and a part of western Sichuan in recent years, particularly in 1980-1981.

In this paper the author attempts to discuss the vertical distribution of fungi in these areas. The vertical distribution of higher fungi is closely related with the zonation of phanerogamic plants. However, the distribution area of fungi is much wide than that of phanerogamic plants because of their ability of propagation.

The distribution pattern of fungi in Hengduan Mountains may be divided into following 4 zones, i. e.:

1. Termitophilic fungi and *Cordyceps sobolifera* are discovered in the valley bottoms zone 1500m-2500m. alt.) This zone is characterized by a number of dominant species of tropical and subtropical fungi, i. e., *Termitomyces microcarpus* (Berk. et Br.) Heim., *T. robustus* (Beeli) Heim, *Sinotermatomyces cavus* Zang, and *S. carnosus* Zang, etc.

2. Under the subalpine broad-leaved and coniferous forests (ca. 2000~2500 m.-3000~3500 m. alt.). The western slopes of this zone are mainly compo-

sed by *Dictyophora duplicata* Fisch, *D. rubro-valvata* Zang, Jee et Liou, *Tricholoma matsutake* (Ito et Imai) Singer, etc., while the eastern slopes represented by *Boletus megasporus* Zang, *Morchella conica* *Boletus sylvestris* Petch, and *Gastroboletus boedijnii* Lohwag, etc.

3. Under the alpine dark coniferous forest (ca. 3000~3500m.—3900~4200m. alt.) The representative fungi on the sunny slopes are *Suillus luteus* (L. ex Fr.) Gray, *S. bovinus* (L. ex Fr.) Karst., *S. granulatus* (Fr.) Kuntz. While those on the shady slopes are *Cortinarius caerulescens* (Schaeff.) Fr., *C. fulgens* (Alb. et Schw.) Fr., *C. castaneus* (Bull.) Fr. etc.

4. Zone of alpine shrubby meadows. The altituteion from 3900 to 4500 m. alt. The climate here is cold, the fungi which can be found in this zone is mainly *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. Meanwhile, the *Hepialus armoricanus* Ober. is the host of *Cordyceps sinensis*, is feed on *Polygonum viviparum* L., all of them are distributed in this zone.

31. 中国噪鹛属 *Garrulax* 可能 起源于横断山脉的探讨

郑作新

(中国科学院动物研究所)

噪鹛属 (*Garrulax*) 是画眉亚科 (Timaliinae) 的一个主要的属。这一属计有46种, 在我国境内有33种, 占全属的种数百分之71.8, 几乎四分之三。我国所产的33种噪鹛, 在我国境内的分布范围是:

西藏自治区	11种
云南、四川两省	26种
华南地区 (除滇、川两省以外)	8种
台湾省	4种
华北地区	2种

由此可见我国的大多数噪鹛产于云南和四川两省, 约占了全国噪鹛种数百分之八十。同时, 滇、川两省所产的噪鹛中, 有不少是土著种, 如白冠噪鹛、斑背噪鹛、赤尾噪鹛等。由此看来, 噪鹛这一属可能起源于滇川, 特别是在四川西南部和云南西北部的横断山脉地区。

至于噪鹛属的种类及亲缘关系问题, 我们现从体形大小、体羽颜色、嘴端有无缺刻、鼻孔裸露与否、分布范围及亚种分化等情况, 来综合探讨它们在进化过程中的地位, 推测到底哪些种类是比较原始的、低级的, 哪些是比较进化的、高级的。这个问题牵涉面很大, 初步分析结果, 认为比较进化的噪鹛均得见于滇、川地区, 即是其的起源地。南、北边缘见到这一属的, 都是比较低级的。同时, 滇、川地区的噪鹛种类, 很多是在国内数量较多, 而且是很常见的; 而产于南、北边缘的噪鹛, 却是十分罕见, 而濒临灭绝的。至于这属分布范围的东、西边缘, 除了一种, 究竟是否一个特产的种, 尚有争议外, 其余都是分布于我国大陆的亚种而已。

以往许多学者传统上都认为, 比较低级类型的所在地是这一类起源地的一种最可靠的标志。我们研究所得的结论恰适与此相反, 认为比较低级类型不在这一属的起源地, 是被排挤到此属分布范围的边缘, 而残留下来的。

综上所述, 可见被认为这一属起源地的横断山脉是新种形成和演化的关键地区。将来在综考工作的基础上, 如要进行引进适宜物种 (或品种), 似可考虑以此地区作为引种试验区。引种驯化和再驯化, 是丰富资源的一重要方法, 值得我们在综考过程中加以探讨的一个科学性的实践问题。

参 考 文 献

- 郑作新 (1976) : 《中国鸟类分布名录》 1—1218, 科学出版社。
- Ali, S. and S.D. Ripley 1972 Handbook of the birds of India and Pakistan. 8, 1-126.
- Deignan, H.D. 1964 Checklist of birds of the world. vol. 10; Timaliinae. Museum of Comparative Zoology, Harvard Univ., Cambridge, Mass.

ON THE MERIDIONAL HIMALAYAS AS THE PROBABLE PLACE OF ORIGIN OF THE GENUS *Garrulax* IN CHINA

Zhen Zuoxin

(Institute of Zoology, Academia Sinica)

Based on zoogeographical studies, the author proposes that the Meridional Himalayas may probably be the place of origin of the genus *Garrulax* (Timaliinae). Reasons are given to show that the species of a comparatively higher level in the process of evolution (i. e. species of greater variability) are mostly found at the center of distribution. It is thus considered that the Meridional Himalayas may serve as an ideal place for the experimentation for the introduction of suitable species.

32. 横断山区鸟类区划地位及其演变

——沙鲁里山南段鸟类区系及垂直分布

郑宝赛 杨 岚

(中国科学院昆明动物研究所)

对分布在沙鲁里山南段的171种繁殖鸟类进行区系从属的分析,分别将它们归属于广布种、古北界和东洋界种类,以及属喜马拉雅山系和横断山区特有的种类。对横断山区鸟类区系的形成、演化、以及动物地理区划等研究,提出了可讨论的内容。

属古北界的繁殖鸟,在沙鲁里山南段的鸟类区系组成中占36.3%。在广布全山三带的种类(或称三带共有种),占46.3%在各带所见的繁殖鸟中,低山带占39.6%,中山带占34.0%,高山带占45.4%。在各带特有的种类中(局限于各带者),低山带占29.6%,中山带为0%,高山带占45.5%。属古北界的繁殖鸟在上述任一情况中虽都占优势地位,但比例均不超过50%。

全山属东洋界鸟类并不多,只占繁殖鸟总种数的11.1%,其中63%分布于低山带,57.9%见于中山带,仅有5.3%延及高山带。但就低山带而言,其东洋界的繁殖鸟类也仅占该带繁殖鸟总种数的12.5%。这从另一方面论证了本区与东洋界的关系较为疏远。属喜马拉雅山系的鸟类在本区占全山繁殖鸟总种数27.5%,在全山三带共有种类中则占24.1%。在各地带中,低山带占20.8%,而以中山带和高山带居多,分别如29.1%和28.9%。中山带和高山带的喜马拉雅山系鸟类不仅种类比较多,而且常见种和优势种也较多见。低山带属喜马拉雅山系的种类中,常见种有3种,仅有1种优势种。而中山带和高山带的常见种类分别有10种和9种,各带有3种优势种,较低山带多三倍。可见中山带和高山带是喜马拉雅山系鸟类种群的较适生境的地域。

属横断山区特有的鸟类在全山鸟类区系组成中占9.4%;在三带共有鸟类中占11.9%,在各垂直带中,低山带占8.3%,中山带占9.7%,高山带占10.3%。在低山带特有鸟类中占7.4%,中山带占9.1%,高山带为6.1%。

从上述一系列分析数字中,对沙鲁里山南段的鸟类区系可以得出一个初步的结论,即在动物地理区划上系从属于古北界,并与喜马拉雅山系有相当程度的关连。其中又以中山带和高山带更具浓厚的喜马拉雅山系的色彩。或者说中山带和高山带的鸟类区系形成较之低山带与喜马拉雅山脉有更密切的关系。

本区鸟类区系分析结果还表明,主要分布在全北界或古北界的种类,如鸮岩鹟、棕胸岩鹟、褐岩鹟、普通鹟和高山旋木雀等,尚见于低山带。而东洋界特有的或主要分布于东洋界的和平鸟科、凤头雨燕科、卷尾科、燕鹟科、黄鹟科、棕鸟科和啄花鸟科等鸟

类，竟无一见于低山带。仅有属东洋界的画眉亚科10种鸟类（只占该亚科3.7%）分布及低山带。从上述分析结果，可以认为古北界和东洋界在横断山区锯齿状的分界在沙鲁里山南段区域内。古北界的下限不低于海拔2,400米，东洋界的上限不高于2,400米。

在全区有11种鸟类，不但不见于国外，即使在中国境内，其分布也仅仅限于西南山地亚区（为中心），以及西部山地亚区共有，或者可见于青海藏南亚区，有的范围稍大，扩展至黄土高原亚区或东部丘陵平原亚区和西部山地亚区。另有5种，主要分布在上述范围（为中心），在邻国小范围内尚有分布的中国特有种类。这些特有鸟类占全区繁殖鸟类9.4%。这种“特有”的情况在亚种分化上更为多见。本区132种具有地理分化的繁殖鸟中，有38种（占28.8%）是以包括本区在内的西南山地亚区为特有地理亚种的分布中心。从种和地理亚种在本区分布的现状，不难看出沙鲁里山所处的西南山地亚区，在稻种形成上特殊而又重要的地理位置是罕见的。

ON THE ZOOGEOGRAPHICAL POSITION AND TRANSFORMATION OF AVIFAUNA OF MERIDIANAL HIMALAYAS

Avifauna of South Sha-lu-li Mountain and Their
Vertical Distribution

Zheng Baolai Yang Lan
(Kunming Institute of Zoology)

The present paper reports the result of the expedition made in August to November 1981 in south Sha-lu-li Mountain, part of Meridianal-Himalayas, which lies on the left side of the Upper Yangzi river, and is located along the border of Tibet, Sichuan and Yunnan, at 99° - 101° E, 27° - 30° N. The expedition was in the field of work for forty-three days, which covered too much ground to allow successful intensive collecting. Most ducks and raptors were too shy and alert to get close to shot and to recognize. However, specimens of nearly all the species seen were secured. In view of the cited factors, the collection consisting of 740 skins belonging to 147 species does not seem small, of which *Netta rufina* is new to the avifauna of Yunnan. Including the birds recorded from this area, a total number of 217 species under 17 orders, 38 families are listed.

It has been found that 172 breeding birds occurred in this area. 5 types of faunal affinities may be divided; 1. Species which widely distribute in both palearctic realm and oriental realm; 2 those chiefly distribute in the Palearctic realm; 3 those chiefly range in the Oriental realm; 4. those restricted to or chiefly ranged in Himalayas; and lastly, 5. species whose distribution confined to China (chiefly ranged along the border of the palearctic and Oriental realms in Meridianal-Himalayas).

In accordance with the avifauna of the present range, it may divide

into 3 vertical zones. 1. Low-hill zone, 2,400—3,100m. alt.; 2. mid-hill zone, 3,100—3,500m. alt.; 3. alpine zone, 3,500—5,000 m. alt. It is shown that the palearctic species dominate the avifauna in either of the following cases, but not more than half; 1. palearctic species range in the whole area, 35.7%; 2. those seen from the low-hill zone to alpine zone, 45.3%; 3. those in either vertical zone: low-hill zone, 38.3%, mid-hill zone, 33.0%, alpine zone, 45.4%; 4. those restricted to either vertical zone: low-hill zone, 29.6%, mid-hill zone, 0.0%, alpine zone, 47.0%. Nevertheless, the affinity percentages also shows a close relation of avifauna to Himalayas, especially the mid-hill zone, the alpine zone next. They are: 1. 27.3%; 2. 24.5%; 3. 21.3%, 29.1%, 28.9%; 4. 11.1%, 52.2%, 38.2% respectively in the cited above cases.

It seems that south Sha-lu-li Mountain does not belong to the transitional area between the palearctic realm and Oriental realm but palearctic. In addition, the border of the palearctic realm in this area does not lower than 2,400 m. alt., or vice versa, that of the Oriental realm does not go higher than 2,400 m. alt.

Of the breeding birds, 9.3% are confined or chiefly ranged in China, of the differentiated subspecies, 28.8% are in the case. To say exactly, they are more or less confined to Meridianal-Himalayas. It shows that Meridianal-Himalayas, including south Sha-lu-li Mountain is specific to formation of species in some significance.

46 protected birds are named in this report, such as *Corssoptilon corssoptilon*, listed in the catalogue of birds protected by the whole world; *Ciconia nigricollis*, *Trogopan temmincki* and *Ithaginus cruentatus*, listed in the catalogue of birds protected by the Nation, and the other migratory birds occur in this area, which are recorded from the "Agreement on Migratory Birds and their Habitats Protected by the Governments of China and Japan." In addition, *Ciconia nigra*, *Anas* spp., *Gyps fulvus*, *Gypaetus barbatus*, *Tetrastes sewerzowi*, *Tetraophasis obscurus*, etc., formerly have been common throughout the region that are now so rare, and some of them are on their road to in danger, even in the secluded field. They are suggested be protected.

33. 横断山区两栖爬行动物研究

山溪鲵属的分类与分布

赵尔宓 江耀明

(中国科学院成都生物研究所)

山溪鲵属 *Batrachuperus* 系1878年Boulenger依据 *salamandrella sinensis* Savage 建立的新属。Savage 1877年订立新种所用的标本, 实际就是7年前David从我国四川宝兴县采集、并由他于1871年订名为 *Dermodactylus pinchonii*。

1925年, Schmidt依据采自我国甘肃东南部、大致相当于北纬33度左右(按: 可能是现今武都县境) 地方采到的标本, 订立了本属的另一种 *Batrachuperus tibetanus*。

刘承钊著《华西两栖类》(*Amphibians of Western China*) (1950年出版) 一书, 以23页的大量篇幅, 详尽地描记了山溪鲵属。此书除记述了上述两个旧种外, 还描述了3个新种, 即: 无斑山溪鲵 *B. Karlschmidtii*, 盐源山溪鲵 *B. yenyuanensis* 与无唇褶山溪鲵 *B. cochranæ*。到1950年止, 我国山溪鲵属已知共有5种。按照刘承钊教授的研究, 此5种山溪鲵特征确切。经我们初步整理, 可以检索如下:

- 1 有唇褶..... 2
 无唇褶。掌、蹼部无角质化皮肤覆盖, 亦无掌突与蹼突; 犁骨齿列略呈弧形, 左右二列几相接触..... 无唇褶山溪鲵 *cochranæ*
- 2 背、腹面散有疏密与大小均不相等的黑褐色斑点..... 3
 背、腹面色调均分别一致, 无明显的斑点..... 无斑山溪鲵 *karlschmidtii*
- 3 除指、趾端有黑褐色角质鞘外, 掌、蹼部常有浅棕色角质化表皮覆盖(有时局部或全部脱落), 此浅棕色角质化表皮甚至覆盖到前臂及胫的下方..... 4
 仅指、趾端有黑褐色角质鞘, 掌、蹼部无浅棕色角质化表皮覆盖物; 背、腹面黑褐色斑点较细而密..... 北方山溪鲵 *tibetanus*
- 4 尾较短而略粗壮, 四肢较长而壮; 背面散有多数较粗大的黑褐色斑, 有时略呈三纵行..... 山溪鲵 *pinchonii*
 尾较长而扁, 上尾鳍褶高, 始自尾基背面; 四肢较短, 尤以后肢略扁平; 背面黑褐色斑点稍细而密集。目前仅见于四川盐源.....
 盐源山溪鲵 *yenyuanensis*

除上述5种外, 刘承钊教授生前曾确定在峨眉山采到的一种体形较大的山溪鲵是一个新种, 特点是个体较大且具童体型, 70号全长140—265毫米的个体中, 47号保留有外鳃

或鳃裂。新种由刘承钊与田婉淑命名为龙洞山溪鲵，已在《两栖爬行动物研究资料》(1978, 4: 18)上发表鉴别特征。

1980年在贡嘎山区调查时，采到大量山溪鲵属标本，经鉴定，分别隶属无斑山溪鲵与北方山溪鲵（见照片版32—1）。两种山溪鲵成体的量度列如表33—1, 33—2。

采集中还得到无斑山溪鲵各期幼体及次成体。

刘承钊(1950: 91—96)对无斑山溪鲵的繁殖及变态前的发育有较详尽的描述。他认为无斑山溪鲵的繁殖期从5月到8月上旬，8月10日在泸霍县札拉附近及朱倭的小山溪中同时采到大量具有不同发育阶段胚胎的卵胶囊，以及大量刚孵出的幼体和处于变态期各阶段的幼体。他观察到刚孵出幼体的体长15—16(平均15.33)毫米，尾长12.0—12.8(平均12.27)毫米；充分发育的幼体体长36—43(平均39.59)毫米，尾长31.0—44.5(平均36.42)毫米；刚完成变态的次成体的体长34.8—47.5(平均42.6)毫米，尾长28.2—42.0(平均34.4)毫米。

此次(8月3日至8日)在贡嘎山西侧各地采到各发育阶段的无斑山溪鲵，但未发现卵胶囊，可能其繁殖期已经结束。在这些个体中，其中全长30—50毫米(尾长14—22毫米)者，外鳃均极显著，尾鳍褶亦较高。当系刚孵出不久的幼体。其中全长60—85毫米(尾长27—36毫米)者，外鳃有不同程度的萎缩情况，或外鳃已消失而仍残留鳃孔，仅个别标本全长75毫米时鳃孔已全部封闭。全长90毫米以上者，外鳃均已完全消失且无鳃孔痕迹。按刘承钊教授意见，无斑山溪鲵繁殖期从5月开始，如全长60—85毫米的个体系当年较早孵出者。无斑山溪鲵可能当年就完成变态。而标本中全长在110—120毫米左右的个体，应是上一年孵出的无斑山溪鲵。

在九龙县汤古以北，148公里标志附近，海拔3400米的公路旁草地浸水浅溪中，采到北方山溪鲵（见照片版32—2）。在同一环境还采到幼体13只（共编为1号80A0037）及1号次成体（80A0038）。12只（1只尾断未计入）幼体全长28.5—34.0(平均31.4)毫米，外鳃发达，上下尾鳍较高，少数标本透过腹壁可见残余卵黄，当系刚孵出不久的幼体。次成体全长56.8毫米(尾长27.1毫米)，外鳃已完全消失，也无鳃孔，尾窄而后段甚扁。幼体及次成体背面均密布黑褐色点斑，尾后半者尤为粗大；腹面黑褐色点斑较稀疏，颌部、四肢前侧、腹中部及尾基腹面等处则无斑点。从刚孵出幼体的长度及已完成变态次成体的长度来看，均小于无斑山溪鲵。

无斑山溪鲵成体多发现于较大河流的河湾缓流处石下或近岸边浅水处石下（见照片版32—3）；在东俄洛柏桑亦见于河心巨石缝中。各期幼体则发现于较小支流的浅水、浸水处，这些地方水浅流缓。愈小的幼体生活于愈细小的支流中。栖息环境的不同，亦反映在动物的形态上，即愈小的幼体尾鳍褶最高；变态后到成体，尾鳍褶愈低，尾肌亦愈发达。无斑山溪鲵各期幼体及次成体，肉眼看来均无斑，在4倍放大镜下观察，背面有分布均匀而极细的乳白色或乳黄色眼斑。少数幼体的尾后段鳍褶上有一些黑褐色点斑。值得提出的是：8月4日在东俄洛公社柏桑大队山脚，采到无斑山溪鲵成体的小河靠近山脚一侧的浸水流成的极小浅溪中，采到18号幼体（80A0128—145），全长34.3—48.0(平均42.8)毫米，外鳃甚为发达，鳃丝长且多。在4倍放大镜下观察，这批幼体背、腹面均有黑褐色点斑。如果说它们是北方山溪鲵幼体，但在附近却未发现北方山溪鲵成

表33—1

无斑山溪鲵*Batrachuperus karlschmidtii*成体量度

性 别 及 数 量		全 长	头 长	头 宽	尾 长	尾 基 宽	尾 高	眼 间 距	眼 径
康定新都桥	2♂♂	150-150.1 (150.1)	15.8-17.5 (16.7)	14.0-16.0 (15.0)	70.5-76.5 (73.5)	9.0-10.0 (9.5)	8.5-8.8 (8.7)	3.2-3.3 (3.3)	4.7-4.8 (4.8)
	11♀♀	98.0-168.0 (131.9)	13.5-19.7 (15.6)	10.0-16.2 (13.3)	43.5-85.3 (63.7)	5.1-11.0 (8.3)	5.8-9.3 (7.8)	2.4-3.4 (3.0)	3.2-5.0 (4.0)
康定东俄洛	10♂♂	120.0-172.0 (136.8)	14.0-18.5 (15.6)	11.8-16.5 (13.8)	58.4-86.0 (65.9)	7.4-10.0 (8.6)	6.9-11.0 (8.5)	3.2-4.5 (3.7)	3.8-5.0 (4.5)
	9♀♀	90.0-125.0 (106.1)	12.2-15.2 (13.3)	9.2-13.3 (11.5)	40.2-61.0 (49.4)	5.7-8.0 (6.9)	4.5-8.0 (6.9)	2.5-3.5 (2.9)	3.8-4.8 (4.0)
康定高尔斯山	1♂	157.0	17.2	15.8	80.0	9.0	8.5	3.5	4.5
	5♀♀	103.0-190.0 (135.2)	12.0-20.2 (15.4)	10.5-17.5 (13.6)	46.8-94.5 (64.0)	6.2-10.5 (8.1)	4.8-9.8 (6.8)	2.8-4.2 (3.3)	3.2-5.0 (4.1)
康定甲巴	9♂♂	120.0-178.0 (145.6)	13.8-18.0 (16.1)	12.8-17.8 (14.6)	54.0-89.0 (70.0)	7.9-10.8 (9.1)	8.2-10.6 (9.3)	3.2-4.5 (3.6)	4.2-5.5 (4.7)
	20♀♀	90.0-172.0 (118.5)	12.0-18.7 (14.0)	10.5-16.7 (12.6)	46.2-73.0 (55.5)	5.6-9.3 (7.6)	7.0-10.8 (8.2)	2.8-3.9 (3.2)	3.8-5.2 (4.3)
乾宁八美	2♂♂	117.0, 151.0 (134.0)	16.0, 19.7 (17.9)	12.0, 16.2 (14.1)	48.8, 69.0 (58.9)	7.2, 8.5 (7.9)	7.8, 9.1 (8.5)	3.0, 3.8 (3.4)	4.0, 4.9 (4.5)
	2♀♀	117.0, 141.0 (129.0)	17.0, 19.0 (18.0)	12.8, 15.2 (14.0)	49.5, 65.5 (57.5)	9.0, 9.0 (9.0)	8.5, 9.0 (8.8)	3.0, 3.8 (3.4)	4.2, 5.0 (4.6)

注：单位为毫米，平均值在括号内。表33—2同。

表33—2 北方山溪鲵*Batrachuperus tibetanus*成体量度

	性 别 及 数	全 长	头 长	头 宽	尾 长	尾 基 宽	尾 高	眼 间 距	眼 径
九龙汤古	9 ♂♂	133.0-156.0 (146.4)	17.0-20.8 (18.6)	13.0-18.3 (15.3)	63.0-75.2 (68.8)	8.5-10.5 (9.7)	8.8-11.2 (9.7)	3.0-4.0 (3.7)	4.6-5.4 (5.1)
	6 ♀♀	136.0-149.0 (143.7)	16.5-18.6 (17.9)	14.0-14.8 (14.5)	58.0-70.0 (63.9)	8.2-9.0 (8.7)	8.5-9.5 (8.9)	3.6-4.2 (3.9)	4.6-5.2 (4.9)

体,仅采到无斑山溪鲵成体及次成体23号。如果说它们是无斑山溪鲵幼体,显然与其他地方所采者在色斑上不同。由于在同一环境中采到的18号大小接近的幼体色斑如此一致,也很难用无斑山溪鲵的个体变异来解释,何况成体及次成体亦无一具斑者。是否此处确有北方山溪鲵,有待深入调查。

山溪鲵属分布于我国的5种,集中分布于:四川盆地西缘及北缘山区、横断山脉北段及秦岭山区。就目前掌握资料看,其分布的西限在东经98度左右,即金沙江上游附近;东限在东经109度左右,即陕西宁陕县的秦岭山区;分布的北限未超过北纬35度;南限在北纬27度左右,即长江第一湾以北。

山溪鲵*B. pinchonii*主要分布于四川盆地西缘山区,大致是大渡河、安宁河以东的这两大河流的分支水系,以及龙门山与盆地西缘山区内的岷江水系。此外,在乡城与稻城采到的山溪鲵属标本也被鉴定为本种。

无斑山溪鲵*B. karlschmidti*主要分布于北纬29度与32度之间的雅砻江东侧的分支水系中。

北方山溪鲵*B. tibetanus*是山溪鲵属中的北方种类,它分布的北限达到北纬35度左右,包括甘肃的天水、徽县、武都、文县以及陕西的留县及宁陕。因此,其东限达东经109度左右,其西限在东经98度左右的西藏江达。在四川境内,其南限达北纬29度左右的九龙县。在此区内,本种与无斑山溪鲵有同域分布情况,但各自的居群分别占有不同的小生境,亦说明二者是划分清楚的两个种。

盐源山溪鲵*B. yenyuanensis*自刘承钊教授1950年发表新种以来,仅发现于盐源县,系本属分布最南的一个种。待发表的新种龙洞山溪鲵*B. longdongensis*亦仅见于四川峨眉山。

最后,无唇褶山溪鲵*B. cochranæ*的模式标本产地在四川宝兴县两河口,发表新种时仅依据一雄性成体及一较小个体,后者亦具微弱的唇褶。因此,该模式标本是否为一个个体变异?有待进一步调查、研究之后,再作结论为宜。

1.刘承钊教授(1950)关于山溪鲵属的报道,是对我国山溪鲵属较为全面、深入、恰当的总结。

2.目前我国山溪鲵属已知至少有5种,它们集中分布川西、甘南、陕南、滇西北及藏东高山高原地区,垂直分布范围自1600—4300米,多在3000米左右地区。

3.无斑山溪鲵与北方山溪鲵从形态、色斑、发育、生活习性及分布区等方面,都可说明是两个不同的物种。

参 考 文 献

四川省生物研究所两栖爬行动物研究室:《西藏两栖动物初步调查报告》,于《动物学报》23(1):56—57(1977)

张孟闻、徐锡藩:《四川两栖类略记》,于《中国科学社生物研究所丛刊》8(5):142—145(1932)

Boulenger GA: Description de deux genres nouveaux de la famille des salamandrides. *Bull. Soc. Zool. France*, 1878:71-72 (1878)

David A: Journal d'un voyage en Mongolie et en Chine fait en 1866-68.

Nouv. Arch. Mus. Nat. Paris, 7, (Bull.): 75-100(1871)

Dunn ER: The salamanders of the family Hynobiidae. *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.*, 58:445-523 (1923)

Liu CC: Life history of *Batrachuperus pinchonii*. *Jour. West China Border Res. Soc.*, 15(B):45-55 (1945)

—: Amphibians of western China. *Fieldiana. Zool. Mem.*, 2:80-102 (1950)

Sauvage HE: Sur quelques batraciens de Chine. *Bull. Soc. Phil. Paris*, (7), 1:115-118 (1877)

Schmidt KP: New Chinese amphibians and reptiles. *Amer. Mus. Novit.*, 175, 1-3 (1925)

Thorn R: Les Salamandres d'Europe d'Asie et d'Afrique du Nord. Paris: 79-91(1968)

STUDIES ON AMPHIBIANS AND REPTILES OF HENGDUAN SHAN REGION, SOUTHWESTERN CHINA

Classification and Distribution of Genus

Batrachuperus (Caudata: Hynobiidae)

Zhao Ermi Jiang Yaoming

(Chengdu Institute of Biology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Tailed amphibian genus *Batrachuperus* ranges widely over western Sichuan, northern Yunnan, southeastern Gansu and southern Shanxi, one of which (*B. tibetanus*) reaches to northeastern corner of Xizang (Tibet) Autonomous Region. Dr. C. C. Liu in his famous work AMPHIBIANS OF WESTERN CHINA discussed this genus with the number of twenty-three pages. He also described three new species in this book. Being based on observations of a great number of specimens, we consider that *B. karlschmidti* and *B. yenyuanensis* established by Dr. C. C. Liu in 1950 and *B. tibetanus* established by Dr. K. P. Schmidt in 1925 are valid species; whereas the authors of the book-let KEY TO CHINESE AMPHIBIANS regarded the three species as synonyms of *B. pinchonii*.

Up to now, there are five species of genus *Batrachuperus*, i. e. *B. pinchonii*, *B. karlschmidti*, *B. tibetanus*, *B. yenyuanensis* and *B. longdongensis* (a new species is ready to be published by Liu Cheng-chao and Tian Wan-shu), known in China. This paper also deals with the distribution of these species mentioned above.

34. 横断山中段地区轮虫种类组成和分布特点

伍焯田

(中国科学院水生生物研究所)

横断山中部地区跨越滇、川、藏三省。幅员广阔，地形复杂，环境多变。在这一地区的生物资源，除有一些零星报导外，以往没有进行过全面的考察，对于轮虫类更是无人问津。轮虫是水体中一类重要的小型无脊椎动物。王家楫等〔1〕〔2〕〔3〕对我国轮虫的种类组成进行了广泛的调查，但也缺乏这一地区的资料。1981年8—10月，中国科学院青藏高原综合科学考察队在横断山四万平方公里范围内进行了广泛的考察，调查这一地区轮虫种类组成和分布特点是其中的一个内容。

通过对不同类型水体的调查，共获得定性标本130号。其中绝大部分样品在当时进行了活体观察，作了初步鉴定。同时还采集了一些代表性的湖泊的定量标本，以资比较。

但是，由于采集时间和工作条件所限，本文所报导的轮虫种类组成尚不能代表这一类动物在该地区的全貌，对种类分布特点的分析也未必全面。

一、种类组成

经初步鉴定共有轮虫104种，隶属于13科44属（见名录）。就其地理分布而言，绝大多数是普生性种类。其中以臂尾轮科的种类为最多，有16属38种，占该地区轮虫种类数的 $\frac{1}{3}$ 以上。鼠轮科和腔轮科都为2属11种，各占总种类数的 $\frac{1}{10}$ 左右。其他依次为镜轮科4属9种，旋轮科3属8种，椎轮科4属5种，疣毛轮科2属5种，晶囊轮科1属4种，胶鞘科1属3种，簇轮科和腹尾轮科均为3属3种，聚花轮科2属2种，猪吻轮科1属2种。没有发现宿轮科和柔轮科的种类。

二、分布概况

为了便于比较，将所考察的地区，按自然景观的不同，划分为乡城（包括理塘、巴塘、芒康），中甸（包括小中甸、基吕、三坝），宁蒗（包括红桥、永宁、落水），丽江（包括石头、石鼓、九河），剑川（包括城关、剑湖），永胜（包括星湖、期纳、金官），泸水（包括古浪、片马、六库、上江），漾濞（包括云龙、大理、下关），保山（包括腾冲、瑞滇），楚昆（即楚雄和昆明黑林铺）等十个区域。这些区域内轮虫的种

类状况列于表34—1。从表中可以看出：上述十个地区中，以永胜和泸水两地区出现的种类最多，而乡城以北一带，轮虫种类显著减少。

横断山中部地区轮虫名录

- | | |
|-------------|----------------------------------|
| I. 旋轮虫科 | PHILODINIDAE |
| 1. 巨环旋轮虫 | <i>Philodina megalotrocha</i> |
| 2. 玫瑰旋轮虫 | <i>philodina roseola</i> |
| 3. 旋轮虫未定种 | <i>philodina</i> sp. |
| 4. 长足轮虫 | <i>Rotaria neptunia</i> |
| 5. 转轮虫 | <i>Rotaria rotatoria</i> |
| 6. 懒轮虫 | <i>Rotaria tardigrada</i> |
| 7. 橘色轮虫 | <i>Rotaria citrina</i> |
| 8. 尖刺间盘轮虫 | <i>Dissotrocha aculeata</i> |
| II. 臂尾轮科 | BRACHIONIDAE |
| 9. 壶状臂尾轮虫 | <i>Brachionus urceus</i> |
| 10. 萼花臂尾轮虫 | <i>Brachionus calyciflorus</i> |
| 11. 剪形臂尾轮虫 | <i>Brachionus forficula</i> |
| 12. 花篮臂尾轮虫 | <i>Brachionus capsuliflorus</i> |
| 13. 镰状臂尾轮虫 | <i>Brachionus falcatus</i> |
| 14. 臂尾轮虫未定种 | <i>Brachionus</i> sp. |
| 15. 臂尾轮虫未定种 | <i>Brachionus</i> sp. |
| 16. 蒲达臂尾轮虫 | <i>Brachionus budapestiensis</i> |
| 17. 角突臂尾轮虫 | <i>Brachionus angularis</i> |
| 18. 凸背巨头轮虫 | <i>Cephalodella gibba</i> |
| 19. 小链巨头轮虫 | <i>Cephalodella catellina</i> |
| 20. 小巨头轮虫 | <i>Cephalodella exigna</i> |
| 21. 裂痕龟纹轮虫 | <i>Anuraeopsis fissa</i> |
| 22. 大肚须足轮虫 | <i>Euchlanus dilatata</i> |
| 23. 透明须足轮虫 | <i>Euchlanus pellucida</i> |
| 24. 梨形须足轮虫 | <i>Euchlanus piriformis</i> |
| 25. 竖琴须足轮虫 | <i>Euchlanus lyra</i> |
| 26. 钩状狭甲轮虫 | <i>Colurella uncinata</i> |
| 27. 棒状水轮虫 | <i>Epiphanes clavulatus</i> |
| 28. 螺形龟甲轮虫 | <i>Keratella cochlearis</i> |
| 29. 曲腿龟甲轮虫 | <i>Keratella valga</i> |
| 30. 矩形龟甲轮虫 | <i>Keratella quadrata</i> |
| 31. 盘状鞍甲轮虫 | <i>Lepadella patella</i> |
| 32. 三翼鞍甲轮虫 | <i>Lepadella triptera</i> |

- | | |
|------------|----------------------------------|
| 33. 欧氏鞍甲轮虫 | <i>Lepadella ehrenbergii</i> |
| 34. 卵形鞍甲轮虫 | <i>Lepadella ovalis</i> |
| 35. 腹棘管轮虫 | <i>Mytilina ventralis</i> |
| 36. 剑头棘管轮虫 | <i>Mytilina mucronata</i> |
| 37. 侧扁棘管轮虫 | <i>Mytilina compressa</i> |
| 38. | <i>Macrochaetus</i> sp. |
| 39. 十指平甲轮虫 | <i>ptatyias militaris</i> |
| 40. 四角平甲轮虫 | <i>ptatyias quadricornis</i> |
| 41. 前额犀轮虫 | <i>Rhinoglena frontalis</i> |
| 42. 裂足轮虫 | <i>Schizocerca diversicornis</i> |
| 43. 侧棘伏嘉轮虫 | <i>Wolga spinifera</i> |
| 44. 薄片鳞冠轮虫 | <i>Squatinella lamellaris</i> |
| 45. 方块鬼轮虫 | <i>Trichotria tetractis</i> |
| 46. 台杯鬼轮虫 | <i>Trichotria pocillum</i> |
| Ⅲ. 鼠轮科 | TRICHOCERCIDAE |
| 47. 对棘同尾轮虫 | <i>Diurella stylata</i> |
| 48. 腕状同尾轮虫 | <i>Diurella brachyura</i> |
| 49. 瓷甲同尾轮虫 | <i>Diurella porcellus</i> |
| 50. 田奈同尾轮虫 | <i>Diurella dixon-nuttalli</i> |
| 51. 长刺异尾轮虫 | <i>Trichocerca longiseta</i> |
| 52. 圆筒异尾轮虫 | <i>Trichocerca cylindrica</i> |
| 53. 纵长异尾轮虫 | <i>Trichocerca elongata</i> |
| 54. 鼠异尾轮虫 | <i>Trichocerca rattus</i> |
| 55. 冠饰异尾轮虫 | <i>Trichocerca lophoessa</i> |
| 56. 暗小异尾轮虫 | <i>Trichocerca pusilla</i> |
| 57. 刺盖异尾轮虫 | <i>Trichocerca capucina</i> |
| Ⅳ. 腔轮虫科 | LECANIDAE |
| 58. 月形腔轮虫 | <i>Lecane luna</i> |
| 59. 蹄形腔轮虫 | <i>Lecane unguolata</i> |
| 60. 凹顶腔轮虫 | <i>Lecane papuna</i> |
| 61. 无甲腔轮虫 | <i>Lecane inermis</i> |
| 62. 奥埃奥腔轮虫 | <i>Lecane ohioensis</i> |
| 63. 腔轮虫未定种 | <i>Lecane</i> sp. |
| 64. 囊形单趾轮虫 | <i>Monostyla bulla</i> |
| 65. 尖角单趾轮虫 | <i>Monostyla hamata</i> |
| 66. 尖趾单趾轮虫 | <i>Monostyla closterocerca</i> |
| 67. 四齿单趾轮虫 | <i>Monostyla quadridentata</i> |
| 68. 月形单趾轮虫 | <i>Monostyla lunaris</i> |

- V. 镜轮虫科 TESTUDINELLIDAE
69. 盘镜轮虫 *Testudinella patina*
70. 微凸镜轮虫 *Testudinella mucronata*
71. 双齿镜轮虫 *Testudinella bidentata*
72. 奇异巨腕轮虫 *pedalia mira*
73. 沟痕泡轮虫 *pompholyx sulcata*
74. 扁平泡轮虫 *pompholyx complanata*
75. 长三支轮虫 *Filinia longiseta*
76. 较大三支轮虫 *Filinia maior*
77. 臂三支轮虫 *Filinia brachiata*
- VI. 疣毛轮科 SYNCHAETIDAE
78. 长圆疣毛轮虫 *Synchaeta oblonga*
79. 尖尾疣毛轮虫 *Synchaeta stylata*
80. 梳状疣毛轮虫 *Synchaeta pectinata*
81. 针簇多肢轮虫 *Polyarthra trigla*
82. 真翅多肢轮虫 *Polyarthra euryptera*
- VII. 椎轮虫科 NOTOMMATIDAE
83. 龙大椎轮虫 *Notommata copeus*
84. 耳叉椎轮虫 *Notommata aurita*
85. 细长趾轮虫 *Monommata longiseta*
86. 高骄轮虫 *Scaridium longicaudum*
87. 纵长晓柱轮虫 *Eothinia elongata*
- VIII. 晶囊轮科 ASPLANCHNIDAE
88. 前节晶囊轮虫 *Asplanchna priodonta*
89. 盖氏晶囊轮虫 *Asplanchna girodi*
90. 卜氏晶囊轮虫 *Asplanchna brightwelli*
91. 西氏晶囊轮虫 *Asplanchna sieboldi*
- IX. 胶鞘轮科 COLLOTHECIDAE
92. 无常胶鞘轮虫 *Collothea mutabilis*
93. 敞水胶鞘轮虫 *Collothea pelagica*
94. 瓣状胶鞘轮虫 *Collothea ornata*
- X. 腹尾轮科 GASTROPODIDAE
95. 腹足腹尾轮虫 *Gastropus hyptopus*
96. 卵形彩胃轮虫 *Chromogaster ovalis*
97. 没尾无柄轮虫 *Ascomorpha ecaudis*
- XI. 圆簇轮科 FLOSCULARIIDAE
98. 圆簇轮虫 *Floscularia ringens*
99. *ptygura* sp.

100. 金鱼藻沼轮虫 *Limnias ceratophlli*
 XII. 聚花轮科 CONOCHILIDAE
 101. 独角聚花轮虫 *Conocholus uncornis*
 102. 叉角拟聚花轮虫 *Conochloides dossuarins*
 XIII. 猪吻轮科 DICRANOPHORIDAE
 103. 钳形猪吻轮虫 *Dicranophorus forcipatus*
 104. 前突猪吻轮虫 *Dicranophorus prionaeis*

表34—1 不同地区轮虫出现种数

科 别 \ 种 数	地 区									
	乡 城	中 甸	宁 蒗	丽 江	剑 川	永 胜	泸 水	漾 濞	保 山	楚 昆
旋轮科PHILODINIDAE	2	1	1	3	2	1	5	5	3	2
臂尾科BRACHIONIDAE	7	16	19	16	15	19	24	18	18	11
鼠轮科TRICHOCERCIDAE	1	7	3		4	6	2	3	4	1
腔轮科LECANIDAE	3	5	4	5	3	7	4	5	5	4
镜轮科TESTUDINELLIDAE	1	2	3	2	2	6	2	3	3	1
疣毛科SYNCHAETIDAE	1	2	2	2	4	2	1	2	2	2
椎轮科NOTOMMATIDAE		1	1	2	2	2	1	1	1	
晶囊科ASPLANCHNIDAE				1	3	2	1		1	
胶鞘科COLLOTHECIDAE	1		2	2	1			1	1	
腹尾科GASTROPODIDAE		1		2	1	1				
簇轮科FLOSCULERIIDAE						3				
聚花科CONOCHILIDAE				1					1	
猪吻科DICRANOPHORIDAE				1				1		

若按不同水体类型中轮虫分布来说（见表34—2），则以池塘中轮虫种类最多，达74种。其次为湖泊，为54种，温泉最少，仅有6种。

纵观横断山中段的轮虫分布可以看出，以广生性的种类为主，其中以针簇多肢轮虫、螺形龟甲轮虫和囊形单趾轮虫最为常见，在考察的地区均可发现。其次为透明须足轮虫、凸背巨头轮虫、钩状狭甲轮虫、大肚须足轮虫、卵形鞍甲轮虫、角突臂尾轮虫、腕状同尾轮虫、曲腿龟甲轮虫。萼花臂尾轮虫，在大多数的考察地区也能找到。在这里值得一提的是：在水温高达62℃的基吕温泉的泉口，仍有无后棘的螺形龟甲轮虫的存在。一般来说，+52℃似乎是温泉中动物分布的极限，在62℃的温泉中发现轮虫在国内尚属少见。

表34—2

不同类型水体轮虫出现种数

科 别	种 数	水 体									
		池 塘	湖 泊	水 坑	水 库	泉 水	水 沟	河 流	水 田	草 甸	温 泉
旋轮科PHILODINIDAE		7	4	4	1	2	2	2			1
臂尾科BRACHIONIDAE		29	19	21	8	14	12	13	8	5	4
鼠轮科TRICHOCERCIDAE		7	9	3	3	1	1	3	2	3	1
腔轮科LECANIDAE		9	7	6	3	5	4	2	4	1	
镜轮科TESTUDINELLIDAE		7	5	2	5	1	1	1			
疣毛科SYNCHAETIDAE		4	5	2	1			1	1	1	
椎轮科NOTOMMATIDAE		4	1	2		1	2		1		
晶囊科ASPLANCHNIDAE		3	1	1	3						
胶鞘科COLLOTHECIDAE		1	2		2						1
腹尾科GASTROPODIDAE		2	1	1			1				
簇轮科FLOSCULARIIDAE					3				1		
聚花科CONOCHILIDAE					2						
猪吻科DICRANOPHORIDAE		1			1						

三、若干水库湖泊中轮虫种类和数量的比较

轮虫是湖泊水库中一类重要的浮游动物，也是各种鱼类的食物之一。调查这些水体中轮虫种类组成和现存量，不仅为发展渔业提供根据，而且也为全国各种类型水体生物资料的比较提供资料。表34—3、表34—4列举了调查水体中，轮虫种类组成和现存量。

从表34—3可以看出：青邑、腾冲、瓦鹿坝和白汉场四水库，pH值在6.0—6.4之间，同属弱酸性水体，但种类组成却相差较大。青邑水库发现18种轮虫，而腾冲水库仅有6种。就湖泊而言，它们的pH值也在6.0—6.8之间，以剑湖和洱海种类最多，属都海和碧塔海出现的种类较少。这里要提出的是永胜县的程海，位于1540米海拔，pH值高达9.0以上，是一个碱性大型深水湖。据记载，该湖原通金沙江，1690年后水位逐年下降，不再通江而成内陆封闭湖，平均水深15米，最深达50米，沿岸带有水生维管束植物，但仅发现9种轮虫，以奇异巨腕轮虫占优势，也有少数对棘同尾轮虫、针簇多肢轮虫、刺盖异尾轮虫和田奈同尾轮虫。种类较单纯而数量较多，是程海轮虫的分布特点。

宁蒗县的泸沽湖属弱酸性大型深水湖，据南京地理所实测〔10〕，最深处达93米。

表34—3

水库、湖泊轮虫出现种数

种 数 科 别	水 体	水 库				湖 泊						
		青 邑	腾 冲	瓦 鹿 坝	白 汉 场	程 海	洱 海	剑 湖	泸 沽 湖	拿 帕 海	属 都 海	碧 塔 海
旋轮科 PHILODINIDAE					1	2	1	1	1	1		
臂尾科 BRACHIONIDAE		5	2	1	1	1	9	5	5	2	2	2
鼠轮科 TRICHOCERCIDAE		2	1			3	2	3	1			1
腔轮科 LECANIDAE		2		1		1	4	5	1	2	1	
镜轮科 TESTUDINELLIDAE		3		3	1	2	1	2	1			2
疣毛科 SYNCHAETIDAE			1	1	1	1	2	4	2			
椎轮科 NOTOMMATIDAE							1					
晶囊科 ASPLANCHNIDAE		2	1		1			1		1		
胶鞘科 COLLOTHECIDAE		1			2	1	1	2				
腹尾科 GASTROPODIDAE												1
簇轮科 FLOSCULARIIDAE		3										
聚花科 CONOCHILIDAE			1		1							
猪吻科 DICRANOPHORIDAE					1							

永胜县的程海是碱性大型深水湖泊。而剑川县的剑湖则属弱酸性大型浅水湖泊，该湖从沿岸带到湖中心均有种类繁多的水生维管束植物。对于上述三个不同深度、不同酸硷度的湖泊，在调查轮虫种类组成的同时，也测定了它们的现存量。定量方法是取10升水样，经25号浮游生物网过滤，然后浓缩成30毫升，通过计数后换算成1升水中个体数。在大型深水湖泊——泸沽湖和程海还进行了垂直分布的观察，轮虫现存量如表34—4。

表34—4

几个湖泊轮虫现存量

(个/升)

水层(米)	泸 沽 湖				程 海			剑 湖		
	沿岸	小海子	大海子	平均	沿岸	中心	平均	沿岸	中心	平均
0.5	12	6	3	7	105	39	72			
3	24	15	15	18	99	39	69			
5	6	60	0	22	111	57	84			
10	0	30	15	15	126	81	104			
平均	10.5±8.87	27.75±20.5	8.25±6.83	16	110.25±10.03	54.00±17.23	82	171	270	221
总平均		15.5±16.05			82.13±31.46			221		

程海沿岸带轮虫数量为 110.25 ± 10.03 个/升,而湖中心仅为 54.00 ± 17.23 个/升,沿岸带比湖中心多一倍以上,程海轮虫的平均数量为 82.13 ± 31.46 个/升。从垂直分布来说,0.5米—10米分布较为均匀,其中以10米水层轮虫数量最多。泸沽湖轮虫分布特点为沿岸带的轮虫数量少,而湖中心多。位于中心的小海子轮虫每升达 27.75 ± 20.5 个/升,为沿岸带的2.7倍。而位于湖中心的另一点,大海子则轮虫的数量又略少于沿岸带。若把湖中心的小海子和大海子轮虫的数量取其平均值,则湖中心的轮虫数量为沿岸带的1.7倍。泸沽湖轮虫分布的另一特点为从0.5米—10米水深垂直分布离差很大。沿岸带为 10.5 ± 8.87 个/升,小海子、大海子分别为 27.75 ± 20.5 个/升和 8.25 ± 6.83 个/升,而程海轮虫的垂直分布却比较均匀。这说明泸沽湖这样一个酸性、大型深水湖泊,由于生态条件的多样性,不仅轮虫种类较多,而且分布也较复杂。

剑湖是浅水湖泊,面积较大,水生维管束植物不仅种类多而且生长茂盛,所以水禽、飞禽较多,附近居民也常到湖中捞取水草。水体受风浪的影响,无明显的垂直分层。测定结果表明,剑湖不仅轮虫种类多达24种,而且数量也最高,平均为221个/升。湖中心的数量要比沿岸带高。由于较丰富的食料资源,该湖可建成一个商品鱼基地。

在这里要说明的是由于用25浮游生物网过滤,使轮虫中一些身体柔软的小型轮虫有可能从网孔中穿过,所以实际存在的轮虫数量可能还要多些。

四、与若干高原地区轮虫种类比较

专门讨论高原轮虫分布的资料不多,全面调查和系统论述的资料更少。现仅将本次调查结果与王家楫(1974)〔4〕《珠穆朗玛峰地区轮虫的初步调查》,黎尚豪(1963)〔6〕《云南高原湖泊调查》,龚循距(1981)〔7〕《西藏高原水生无脊椎动物》(轮虫

表34—5 横断山中段地区与云南高原湖泊轮虫的常见种类比较

横断山中段地区	云南高原湖泊
1. 针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	1. 针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>
2. 螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	2. 螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>
3. 大肚须足轮虫 <i>Euchlanus dilatata</i>	3. 大肚须足轮虫 <i>Euchlanus dilatata</i>
4. 对棘同尾轮虫 <i>Diurella stylata</i>	4. 对棘同尾轮虫 <i>Diurella stylata</i>
5. 曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	5. 曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>
6. 奇异巨腕轮虫 <i>Pedalia mira</i>	6. 奇异巨腕轮虫 <i>Pedalia mira</i>
7. 凸背巨头轮虫 <i>Cephalodella gibba</i>	7. 角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>
8. 透明须足轮虫 <i>Euchlanus pellucida</i>	8. 独角聚花轮虫 <i>Conochilus unicornis</i>
9. 囊形单趾轮虫 <i>Monostyla bulla</i>	9. 沟痕泡轮虫 <i>Pompholyx sulcata</i>
10. 盘状鞍甲轮虫 <i>Lepadella patella</i>	10. 小须足轮虫 <i>Euchlanus parva</i>

名录)，《青海湖综合考察报告》（1979）〔8〕等不同高原地区或高原湖泊作一简单的比较。

（一）与云南高原湖泊比较

横断山中部地区的轮虫种类，就常见种类而言，与云南高原湖基本一致（如表34—5）。均以广生性的针簇多肢轮虫、螺形龟甲轮虫、大肚须足轮虫等为主。现存量亦与云南高原某些湖泊相似，如云南高原的滇池、星云湖、杞麓湖、阳宗海和抚仙湖等，每升水中轮虫的数量从几个至330个之间；而横断山中部地区的湖泊，轮虫的数量每升水中亦在8个至270个之间。有趣的是横断山的剑湖和云南高原的星云湖数量一样，每升水中均为220个个体；又如横断山区的程海中心点与云南高原的杞麓湖一样，同为每升水中54个轮虫。横断山区的泸沽湖大海子与云南高原的阳宗海、抚仙湖，其现存量也非常接近，前者为8.3个/升，后者为10个以下（见表34—6）。

表34—6 横断山中段地区湖泊与云南高原湖泊轮虫数量比较 （个/升）

云南高原湖泊轮虫数量		横断山中段地区湖泊轮虫数量	
滇池	330	剑湖中心	270
星云湖	220	剑湖	220
杞麓湖	54	程海中心	54
阳宗海、抚仙湖	10以下	泸沽湖大海子	8.3

因此，不论从轮虫的种类或数量上来说，横断山区湖泊与云南高原湖泊有许多相同之处。

（二）与青海高原湖比较

横断山区某些湖泊与青海高原一些湖泊的情况比较接近，尤其是永胜县的程海与青海湖、尕海在许多方面也较相似。其情况见表34—7。

程海位于东经100°40'，北纬26°41'而青海湖和尕海位于东经99°36'——100°47'，北纬36°32'——37°15'。程海和青海湖同属微碱性内陆高原封闭型咸水湖泊，pH值在9.0左右，矿化程度也较高。程海尤与尕海更接近，前者矿化程度为27.42毫克/升，后者亦达25.38毫克/升。程海与青海湖同是断层构造湖盆，河流断流后湖盆水位严重退缩，蒸发量远远超过径流补给量。据两湖水之观察记载，近年水位下降值，年平均为0.14——0.15米。以上许多因素迫使这些湖泊向盐碱化过渡，尕海在60年代初已完全咸水化。目前程海与青海湖相似，同是半咸水化向完全咸水化过渡，若干年后湖盆严重退缩，必然与尕海一样成为完全的咸水湖泊〔9〕。

由于上述诸因素引起水体中生源物质日益减少形成贫营养型水体，使水生生物种类组成日益贫乏。尕海就是一例证，目前已没有鱼类，其他水生生物也极少，轮虫中仅存个别广盐性种类。青海湖据调查仅存5种轮虫，尤以盐碱性的典型种——环顶巨腕轮虫——为优势种。其他4种不但不为常见，而且数量极微。目前程海水生生物尚有一定的种类

表34—7

程海与青海高原湖泊比较

湖 名	程 海	青 海 湖	尕 海
面积(km ²)	73.26	4635	
水深(米)	30	28.7	
水温(℃)	24.5	18.9	
透明度(米)	3.5	5	
pH值	9.0	9.3	9.4
矿化度(毫克/升)	27.42	12.49	25.38
轮 虫 种 类	奇异巨腕轮虫 对棘同尾轮虫 针簇多肢轮虫 田奈同尾轮虫 刺盖异尾轮虫 曲腿龟甲轮虫	环顶巨腕轮虫 萼花臂尾轮虫 钩状狭甲轮虫 剑头棘管轮虫 唇形叶轮虫	螺形龟甲轮虫 凸背巨头轮虫

和数量，就轮虫来说，也有9种之多。这里虽然还不是象青海湖那样已由典型盐碱性种类占绝对优势。程海还未发现环顶巨腕轮虫，但已是同属异种——奇异巨腕轮虫占优势种群。其他8种轮虫也是既不常见，数量极微。而且有些淡水性种类将必然随着盐碱化的加强而减少，甚至逐步消失。从轮虫的群落结构与其所栖息的水体生态环境初步分析，可以预料将会使程海目前的群落结构，逐渐演替成青海湖型的群落结构，最后导致尕海型的群落结构。

(三) 与青藏高原地区比较

横断山中部地区与西藏高原地区轮虫种类比较，两者共有种类55种，其中包括常见种37种，不常见种18种（如表34—8）。即横断山区的轮虫种类有一半以上，是西藏高原记录过的相同种类。据龚循距（1980）资料西藏高原轮虫有208种，横断山55种相同种类已占西藏总种数的1/4以上。因此，这两个地区轮虫种类组成有较多的相同之处。

(四) 与珠穆朗玛峰地区比较

据王家楫（1974）报导，珠峰地区轮虫种类仅有39种，为横断山中部地区轮虫种类的38%左右。盘状鞍甲轮虫、三翼鞍甲轮虫、大肚须足轮虫、螺形龟甲轮虫、尖趾单趾轮虫、凸背巨头轮虫、叉角拟聚花轮虫等9种轮虫为两地区共有种类。其中除盘状鞍甲轮虫是珠峰地区的常见种外，其他8种均是不常见的，而这些种类在横断山中部地区却是比较常见的种类。珠峰其他30种轮虫，在横断山中部地区还没有发现。

表34—8

横断山中段地区和西藏高原轮虫的相同种类

常 见 种 类

1. 玫瑰旋轮虫 *Philodina megalotrocha*
2. 长足轮虫 *Rotaria neptunia*
3. 转轮虫 *Rotaria rotatoria*
4. 懒轮虫 *Rotaria tardigrada*
5. 钳形猪吻轮虫 *Dicraneophorus forcipatus*
6. 壶状臂尾轮虫 *Brachionus urceus*
7. 萼状臂尾轮虫 *Brachionus calyciflorus*
8. 花筐臂尾轮虫 *Brachionus capsuliflorus*
9. 裂痕龟纹轮虫 *Anuraeopsis fissa*
10. 凸背巨头轮虫 *Cephalodella gibba*
11. 小铗巨头轮虫 *Cephalodella catellina*
12. 小巨头轮虫 *Cephalodella exigna*
13. 大肚须足轮虫 *Euchlenus dilatata*
14. 透明须足轮虫 *Euchlenus pellucida*
15. 钩状狭甲轮虫 *Colurella uncinata*
16. 螺形龟甲轮虫 *Keratella cochlearis*
17. 盘状鞍甲轮虫 *Lepadella patella*
18. 剑头棘管轮虫 *Mytilina ventralis*
19. 十指平甲轮虫 *Ptatyias militaris*
20. 四角平甲轮虫 *Ptatyias quadricornis*
21. 台杯鬼轮虫 *Trichotria pocillum*
22. 腹足腹尾轮虫 *Gastropus hyptopus*
23. 卵形彩胃轮虫 *Chromogarter ovalis*
24. 独角聚花轮虫 *Conochilus uncornis*
25. 叉角拟聚花轮虫 *Conochloidea dossuarins*
26. 盘镜轮虫 *Testudinella patina*
27. 长三肢轮虫 *Filinia longiceta*
28. 腕状同尾轮虫 *Diurella brachyura*
29. 长刺异尾轮虫 *Trichocerca longiseta*
30. 纵长异尾轮虫 *Trichocerca elongata*
31. 鼠异尾轮虫 *Trichocerca rattus*
32. 囊形单趾轮虫 *Monostyla bulla*
33. 梳状疣毛轮虫 *Synchaeta pectinata*
34. 前节晶囊轮虫 *Asplanchna priodonta*
35. 卜氏晶囊轮虫 *Asplanchna brightwelli*
36. 圆簇轮虫 *Floscularia ringens*
37. 双棘同尾轮虫 *Diurella stylata*

非 常 见 种 类

1. 尖刺间盘轮虫 *Dissotrocha aculeata*
2. 梨形须足轮虫 *Euchlanus piriformis*
3. 棒状水轮虫 *Epiphanes clavulatus*
4. 矩形龟甲轮虫 *Keratella quadrata*
5. 三翼鞍甲轮虫 *Lepadella triptera*
6. 卵形鞍甲轮虫 *Lepadella ehrenbergii*
7. 侧刺伏嘉轮虫 *Volga spinifera*
8. 薄片鳞冠轮虫 *Squatinella lamellaris*
9. 微凸镜轮虫 *Testudinella mucronata*
10. 双齿镜轮虫 *Testudinella bidentata*
11. 瓷甲同尾轮虫 *Diurella porcellus*
12. 龙大椎轮虫 *Notommata copeus*
13. 细长趾轮虫 *Monommata longiseta*
14. 高跻轮虫 *Scaridium longicaudum*
15. 纵长晓柱轮虫 *Eothinia elongata*
16. 无甲腔轮虫 *Lecane inermis*
17. 四齿单趾轮虫 *Momostyla quadridentata*
18. 盖氏晶囊轮虫 *Asplanchna girodi*

五、不同海拔高度与轮虫的分布

从考察初步结果来看,轮虫的分布与海拔高度有一定的关系。在海拔1500—2500米之间,各类水体中出现的轮虫种数达85种之多,占该区轮虫种数的80%以上。在海拔2500—3500米间出现的种类只有48种,其中43种是在1500—2500米之间出现的,不同的仅为5种。在海拔3500—4000米间出现的种类,仅为12种,且都是上述区域出现过的种类。在海拔4000米—4500米间只有2种,4500米以上仅发现一种。显然海拔的高度对轮虫的分布有一定的影响。这种影响不一定是

因为地理隔离,而是因为轮虫的休眠卵不仅具有高度抵抗不良环境的能力,而且可以借助于自然的或人为的因素而广泛传播。这种影响可能是海拔越高,气候更加寒冷、干燥,生活环境就越恶劣。因此影响了轮虫种群的存在和发展。图34—1描绘了轮虫的种数和海拔的关系。

从图上可以看出,在海拔2000—5000米之间,轮虫的种数随海拔高度增加而减少。在1500—500米之间,轮虫的种数却随海拔高度减少而减少。这可能是由于横断山中部1000米以下地区多属于干热河谷,气温可高达35℃以上,蒸发量大,水体本来就不多,即使有,也多为间歇性的和环境极不稳定的小水体,使轮虫的分布受到了影响。这是横断山中部地区轮虫分布特点之一。

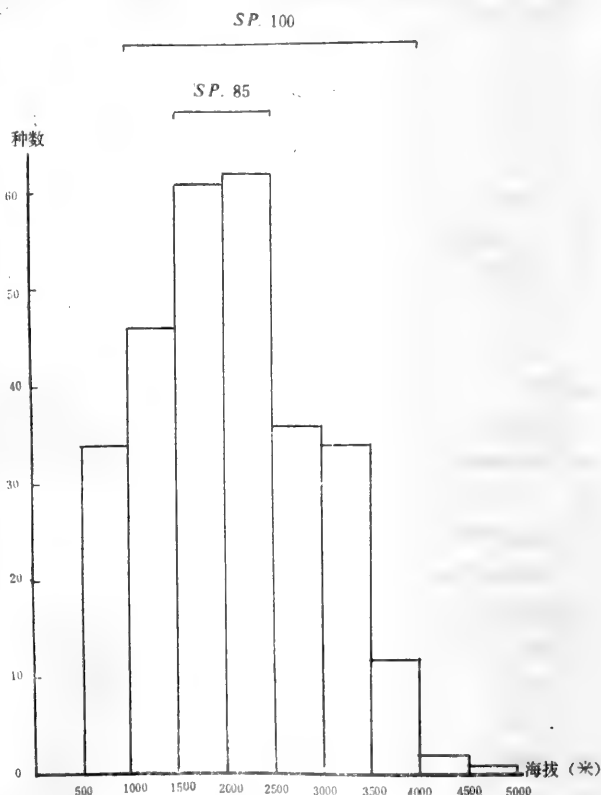


图34—1 轮虫种数与海拔的关系图

青邑水库,腾冲水库,瓦鹿坝水库和白汉场水库的水体,pH都很接近,水温虽有变化,但对种类影响不甚明显。若从海拔高度来分析,发现水体所处的海拔越高,轮虫就越少,且群落结构也有明显的差异。程海、剑湖、泸沽湖位于海拔2680米以下,种类就较多,特别是剑湖达24种之多;而拿帕海、属都海和碧塔海等位于海拔3330米以上,种类就显著减少。

参考文献

- [1] 王家楫(1958):《中国淡水轮虫的生态分布》于《水生生物学集刊》1958(1) 26—40。

- [2] 王家楫 (1965):《中国淡水轮虫的地理分布》,于《中国动物学会卅周年学术讨论会论文摘要汇编》1965(1)89。
- [3] 王家楫 (1961):《中国淡水轮虫志》科学出版社。
- [4] 王家楫 (1974):《珠穆朗玛峰地区轮虫的初步调查》:于《珠穆朗玛峰地区科学考察报告》(生物与高山生理)科学出版社。
- [5] 王家楫等 (1965):《武昌东湖轮虫种类与数量季节变动的初步观察》,于《水生生物学集刊》1965(2)183—201。
- [6] 黎尚豪等 (1963):《云南高原湖泊调查》,于《海洋与湖沼》1963(2)。
- [7] 龚循矩 (1981):《西藏水生无脊椎动物》,于《轮虫名录》待发表。
- [8] 中国科学院兰州地质所等 (1979):《青海湖综合考察报告》第三章水生生物,科学出版社。
- [9] 郭长福 (1980):《横断山区预察》
- [10] 李 恒等 (1979):《泸沽湖植被考察》,于《云南植物研究》1979(1)125—136。
- [11] Koste, W. 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Berlin.

THE DISTRIBUTION CHARACTER OF ROTIFER IN THE MIDDLE PART OF THE HENG-DUAN MOUNTAINS

Wu Chaotian

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Rotifer, collected from the middle part of the Heng-Duan Mountains, belong to thirteen families, forty four genus and one hundred and four species among which warm species, such as *Brachionus falcatus* Zacharias, were abundant. High temperature-resisting species, such as *Keratella cochlearis* (Cosse), were occasionally found in hot springs of 62°C. Though there were found some cold warm species, such as *Keratella quadrata* (Müller), there were not found partially cold species.

Among one hundred and four species, fifty five from which were also found in the area of the Xizang Plateau. The abundant species in both areas were the same and the stock numbers in some lakes in both areas were similar.

Studies were carried out on the horizontal and the vertical distributions of rotifer in some lakes in the area. The discussion about the relationship between the elevation and species was also given.

自然资源的利用与保护

35. 滇西水热型地热资源基本情况

佟 伟 张知非 廖志杰 朱梅湘
沈敏子 过帼颖 刘时彬 张保山 赵凤三

(北京大学地质学系)

章铭陶 周长进

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

一、水热活动区概况

我们自1980年3月到1982年1月共进行了4次野外作业。经过两年来的实地考察和访问调查,了解到滇西范围内存在的水热活动区数量如下*:

腾冲-58-24-3-1; 龙陵-41-22-1-0; 保山-24-10-0-0; 昌宁-21-8-0-0; 施甸-15-5-0-0

以上保山地区五县共159个水热区,其中热泉区69,沸泉区4,90℃以上者1。

梁河-17-14-1-0; 盈江-19-8-0-2; 陇川-10-5-0-0;

潞西-19-11-0-0; 瑞丽-6-1-1-0; 畹町镇-1-0-0-0

以上德宏州五县一镇共72个水热区,其中热泉区39,沸泉区2,90℃以上者2。

德钦-15-5-0-0; 中甸-14-3-0-0; 维西-8-3-0-0

以上迪庆州三县共37个水热区,其中热泉区11,无沸泉和90℃以上的水热区。

丽江-19-2-0-0; 宁蒗-8-0-0-0; 永胜-7-2-0-0 华坪-3-0-0-0

以上丽江地区四县共37个水热区,其中热泉区4,沸泉和90℃以上者零。

下关市-2-2-0-0; 洱源-17-8-0-0; 弥渡-13-4-0-0; 宾川-9-0-0-0;

漾濞-8-2-0-0; 永平-7-1-0-0; 祥云-8-2-0-0; 大理-0-0-0-0; 巍山-6-1-0-0; 南涧-7-0-0-0; 剑川-4-0-0-0; 云龙-25-12-0-1; 鹤庆-8-5-0-0

* 县名后第一栏数字为水热区总数,第二栏为热泉区数,第三栏为沸泉区数,第四栏为温度高于90℃但低于沸点的热泉区数

以上大理州12县1市共114个水热区，其中热泉区37，沸泉无，90℃以上者1。

泸水-8-4-0-0；兰坪-9-4-0-0；碧江-10-1-0-0；

福贡-2-0-0-0；贡山-4-0-0-0

以上怒江州五县共33个水热区，其中热泉区9，无沸泉及90℃以上者。

临沧-5-4-0-0；云县-12-8-4-0；凤庆-15-9-3-0；

沧源-2-1-0-0；镇康-5-3-0-0；永德-16-8-0-0；

双江-3-2-0-0；耿马-5-3-0-0

以上临沧地区八县共63个水热区，其中热泉区38，沸泉区7。

滇西总计一市一镇41县共515个水热区。由于人力交通条件等限制，我们实地考察到的水热区共407个，占上列总数的79%。我们没有到达的水热区也尽可能临近访问，因此其情况也是大体上清楚的。

二、定义

国际上把地热资源分成水热型、干热型、地压型和熔浆型四类。

水热型地热资源：以水为热能载体把较深处的热能富集到地壳浅部的一类地热资源。它在浅部的存在状态有蒸汽和液态水两种，因此水热型地热资源又可分为蒸汽和热水型地热资源。

水热活动区：简称水热区。是指地壳浅部水热活动所及的地域。它包含三要素—载热体水、水运移通道和热源。热源有一般热源和特殊热源之分。由于地壳往下到一定深度，平均每深100米增温3℃，所以地表水只要下行就会逐渐被围岩加热。这种变热过程的热源叫一般热源，或者叫正常增温梯度热源。特殊热源是指火山或者地壳浅部10公里左右的年青岩浆侵入体，这种热岩体的强大热流可以把邻近的地下水加热到沸腾甚至过热的程度。

水热区的划分目前国际上尚无统一的标准，因此其数量的统计也很不一致。由于标准和资源评价的关系很密切，所以我们暂定一套准则。这是通过野外观察和室内研究，能判定其属于同一热源，同一通道系统和同一地表水补给源区，则不论其出露面积有多大，泉眼数量有多少，都只算作一个水热区；如果判断不了，而且相距又较远，则暂作两个水热区。

水热区按不同的泉水温度级别，分别与温泉区、热泉区和沸泉区等同。

地热田：是一个经济概念，有一定开发利用价值的水热区叫地热田。世界发达国家曾把能够装机5万或10万千瓦的水热区叫地热田。这个数字不宜限死，它取决于许多经济因素，譬如该地区缺乏传统能源，距离电网过远，或者搞小型孤立电网比较经济，或者尽管有薪炭林作为传统能源，但为了保护林业资源或者地区性生态平衡，或者水电站投资过大，或者开发利用地热有别种能源所不具备的多重意义等，都有可能把某一个水热区升格为地热田。

温泉热泉沸泉：中国的古籍把水热活动区通称温泉。这种叫法的缺点是从字面上看不出它的使用价值，另外单凭感觉来定义温泉也不准，它会因人因地因时而异。利用人

体感觉而定义温泉的另一个毛病是会漏掉大量尽管没有很大实用意义,但有相当科学意义的低温温泉。因此自19世纪后半叶以来,很多科学家试图给温泉下定义。我们认为比较科学的定义是:凡是出口温度显著地高于当地多年年平均气温的泉水均可叫温泉。所谓显著,也还难于统一。我们在滇西考察时定它为 5°C 。如腾冲的多年年平均气温为 14.7°C ,则温度高于 19.7°C 的泉水就列入我们的统计范围。温泉与热泉的界限我们定在 45°C 。 46°C 起算热泉。 45°C 是人洗浴的温度上限,也是北方建筑物取暖和某些工艺过程直接用热的温度下限。沸泉是指温度达到与当地高程(或大气压力)相对应的沸点的泉水,这种状态叫饱和态。压力不变而温度高于饱和态时叫过热态。饱和态和过热态都是汽水两相共存,所以沸泉区又叫汽水两相显示区。沸泉区一般均具有较好的利用价值,同时又有较大的科学意义,因此十分引人注目。

三、滇西水热型地热资源一级远景区的选择

一级远景区是指如果按目前工艺装机发电,则地下静储量很有可能满足较大容量机组,经济运行30年的用热需要的水热区。根据目前世界已有的经验来看,一级远景区的选择准则是:①出露的地质构造部位比较特殊;②可能存在特殊热源;③泉口温度达到或略高于沸点,因而地表出现水汽两相显示;④在地下施钻的经济深度上可能存在 200°C 左右的地下热水或蒸气;⑤水热区的面积足够大;⑥地下浅部地层有良好的储热条件。

在地热资源普查阶段很难查明上述全部条件,但是可以采用经验比较法,即用已知的或者已经开发的地热田的情况和经验进行比较,来初步判断某一水热区的资源前景。通过比较,我们认为在滇西范围内具一级远景的水热区共12处,即:腾冲县热海,腾冲县朗蒲热水塘,腾冲县攀枝花硝塘,龙陵县巴腊掌,梁河县龙窝寨滚锅,瑞丽县棒蚌,云县大空蚌,云县马鹿田坝,云县幸福,云县石灰厂,凤庆圈桥河,凤庆永新热水塘。现择要简介如下:

腾冲县热海热田:出露于腾冲县腾冲镇南11公里处。腾冲为近代火山区,而热海热田正好出现在火山岩流周边第三纪砂砾岩层中。这说明热田水热活动与年青的火山活动有明确的时空关系,也说明热田地下有良好的储热条件。热田可分出20个显示区,总面积接近10平方公里。如果能证明朗蒲热水塘也是它的一个显示区,则热田面积还将大大地扩大。热海泉口的最高温度为 97°C 。硫磺塘冒汽地面以下4米深处的温度为 104.6°C 。云南第十二地质队1975年于澡塘河左岸施工的一个探孔,在26米深处的温度达到 145°C 。1639年明代地理学家徐霞客详尽考察过热田内的硫磺塘,热海便自此扬名于世。

瑞丽县棒蚌水热区:位于瑞丽县姐勒公社棒蚌村西,瑞丽江渡口边防站东100米的河漫滩上。主要显示为一丁字形沸泉塘。其南东一支由河漫滩延至江边,并与瑞丽江心滩上的泉群相衔接。其长约500米,宽约30米;其北东一支长300米,宽50米。沸泉塘泉眼的最高温度为 98.3°C 。本区最大特点是自本世纪六十年代以来多次发生水热爆炸。1966年4—5月发生一次,1966年6—7月距第一次爆炸点15米处又发生爆炸;1970年2月江边热泉口水位突然上涨1米多,然后发生水热爆炸,汽水砂石冲高6米多,散落直径达10米。几次爆炸均发生在地震之前,说明震前地下通道的变化引起深部饱和态或过热态

热水急剧汽化扩容，而这种热水正是水热型地热资源勘探的最佳对象。

云县大空蚌水热区：滇西之第二热海，位于云县云城公社南河大队。南桥河断裂为本区之主体构造，两盘地层均为片麻岩和澜沧群变质板岩、片岩，西盘有燕山期花岗岩出露。本水热区包括五个显示区，主显示区即大空蚌，为一近东西向长约500米的沟谷。谷内有三个沸喷泉和数百平方米的冒汽地面，以及数以百计的沸泉热泉。其中一个沸喷泉喷高1米多，压力较大，喷发声浪在沟口即清晰可闻。沸泉口最高温度为97.6℃。水热区围岩发生大规模蚀变。主要蚀变类型为高岭土化，间有硅化。沟谷两侧山坡和山脊上均残留有大量钙华和硅华。蚀变地面上有大量自然硫和盐霜。大空蚌北0.7公里为公热水显示区，泉口最高温度为91℃。大空蚌西1公里处叫学堂温泉。学堂泉群沿一南北向沟谷西侧底边出露，最高温度为67℃。这3个显示区的热水总流量为27.6升秒⁻¹。另外两个显示区位于南桥河东侧河漫滩上，南北各有一泉群，相距约300米。南区为40米×15米的热水塘，最高水温为56℃；北区泉眼沿河边出露，最高温度为67℃。大空蚌水热区显示面积总计约2—3平方公里，是出露面积仅次于热海的又一个大型水热区。

云县幸福水热区：位于云县幸福公社所在地勐赖坝之北东端，与马鹿田坝沸泉区遥遥相对。出露地层为澜沧群片麻岩。构造上处于南汀河断裂带东支上。这个水热区有两个显示区，相距约半公里，连线呈北东向。第一显示区称幸福热水塘，面积为450×50平方米。其中央出现的沸泉为96.5℃，出现的泉眼共15个，超过90℃的有8个，热水汇流后的总流量约有7升秒⁻¹。距热水塘南东半公里处为第二显示区，称党校温泉。出露于洪积扇坡脚之河滩上，温水出露范围延长150米，显示温度为37—44℃。幸福水热区的总显示面积约1000×150平方米。

凤庆县圈桥河水热区：位于凤庆县大寺公社。出露于圈桥河河滩上，有二个显示区，相距约半公里。下游区，泉水自河滩一级阶地下面河床砾石层中流出，主要显示为直径1米左右的一个沸泉坑，温度为96℃，坑水翻滚激烈；上游区出露于一小山包下的沟谷中，围岩为片麻岩，泉眼5个（左岸4，右岸1），泉水温度97℃，直接从片麻岩裂隙中流出。

上述热海热田等12个水热区被列为滇西水热型地热资源的一级远景区，其原因就是在六项条件中，这些水热区至少可以满足四项。譬如这些水热区的泉口温度均达到或略高于当地高程下水的沸点。在热量完全用于沸腾汽化的条件下，每汽化1公斤水需要534千卡的热能量，它比仅仅升温1℃所需热量大534倍。要满足这样大的热能补给量就需要有特殊热源，而我们认为在滇西所处的这种特定的地质构造部位，地壳中存在特殊热源是完全可能的。深部热水的温度如何？经过我们用地球化学方法对某几个区的试算，它们都很可能超过200℃。目前不好确定的是某些水热区的面积和地下储热条件。这两个因素都涉及地下热能的静储量评价和未来勘探开发的难易程度。地热田的储热层最好是疏松多孔的层状岩体，如砂岩或热海热田那种砂砾岩。如果是火成岩或变质岩，则只能寄希望于这些岩体的破碎。这种储热条件的勘探工作的难度也比较大，因此在上述十二个一级远景区中，我们暂时只肯定腾冲县的热海是一个地热田，其它都暂称水热区。

四、滇西水热型地热资源二级远景区的选择

十二个一级远景区的共同特点是它们的泉口温度都达到了与当地高程相对应的沸点温度，但是我们也应该注意到：喷汽孔、沸泉以及热泉温泉等等，都只不过是地下水热活动在地表上的一些漏泄显示。如果顶部岩层很致密，或者深部通道不直接和地表连通，或者有厚厚的一层粘土淤死这些通道的近地表部分，或者小量深部热水在上升到地表之前被大量冷地下水所掺混，都会使水热区不出现地表显示，或者使地表显示温度偏低。因此地表显示以及显示温度固然是判断资源远景的重要标志，但不是绝对标志。同样，泉眼的出露范围是判断水热区面积的重要标志，但也不是绝对的标准。那么，根据什么来初步判断水热区的资源前景呢？我们认为关键的一条，是该水热区所处在的大地构造部位。

从目前了解到的地热活动情况来看，滇西有相当一部分地区是处在欧亚板块与印度板块会聚带（或者是消减带）的边缘上。按照板块理论：地幔物质的热对流导致地球岩石圈板块的相对运动，板块运动又在消减带附近的地壳内引起热活动，譬如壳内局部熔融。这种熔融体的强大热流就是板缘地带水热活动的特殊热源。因此原则上说，处于这种活动带内的水热区不论显示温度如何，都应该有远景，至于远景的大小则取决于水热区的其它条件。如果该水热区上来的深部高温热流量大大地小于掺混的冷水量，则地表上只可能出现低温温泉；甚至完全被冷水所荫蔽，地表上只出现冷泉，或者出现只略高于当地年平均气温的微温泉。如果冷水掺混量远远小于地下高温热水的补给量，则地表上可能出现沸泉。在介乎这两种极端之间的情况下，则出现低于沸点温度的各种各样的热泉和温泉。水热区地质勘探的目的就是要越过冷水严重干扰层，想方设法找到高温热水。热水温度越高，利用效率也越高，所取得的纯经济效益也越大。

根据515个水热区的总体情况来看，我们初步认为在滇西范围内，迪庆州、丽江地区和怒江州的全部，保山地区怒江以东，洱源牛街山口至弥渡高孟营一线和云龙县澜沧江北端之大坪水热区以外的大理州各县的水热区位置均不在板缘，因此也不具备作为动力资源的应用前景。滇西的其余地区均可能属于板缘水热活动的产物，或者说可以列入我们的二级远景区。当然，我们必须再次强调：板缘带内各水热活动区的情况也是千差万别，绝不可认为这些地区内处处可以上钻，处处都可以找到高温热水。下面我们介绍两个具二级远景的水热区或地热田。

腾冲县瑞滇热田：位于腾冲县瑞滇公社腊幸街至大沟边村北。这个热田共有6个显示区，各显示区呈北北西—南南东方向展布。总长约1300米，最宽处约600米。泉眼基本上沿西沙河左岸阶地前沿和腾冲镇至滇滩的公路两侧出露。雅乌山玄武岩流在沙坡脚南与热田相接。最高温度泉口出现在一〇五澡塘，为90.2℃。腊幸街女澡塘泉口温度为87℃。1639年徐霞客曾到此一游，他形容腊幸街男澡塘的情况是“其热如沸”。由此我们怀疑这男澡塘，在343年前是沸泉区，或者是接近沸点的热泉区，而目前的温度仅78℃。1980年3月新西兰地热专家组也曾到此一游，他们认为瑞滇与热海热田具有同等潜力。我们经过多年地面考察，认为前者小于后者，但这不是最后结论。

洱源—弥渡一线情况：根据昆明地震大队资料，洱源和弥渡正好位于中甸—洱源—弥渡大断裂的南段。大断裂到洱源以后，走向由北北东—南南西转折为北北西—南南东。按他们所画的走向线位置，这条断裂正好通过洱源县的牛街—三营—火铧山—江干—九气台—下山口—下三枚，然后穿过洱海，再向南进入弥渡坝子。在洱源牛街至三营一线，出现炼渡、石碑村、牛街菜园、癞子塘、龙寺、土登村和火铧山等6个热泉群，其延伸总长度近3000米，宽处达600米，其最高温度为81.5℃。南延至玉湖镇以后，又出现文庙、土官充、九气台和江干龙塘四个热泉群。中国人民解放军某部曾在江干村打过一个探孔，涌水温度为76.8℃。土官充附近，平地之下不足1米即可挖出热水，真可谓“家家泉水，户户温汤”。江干—九气台的最大特点是产土“天生磺”，而目前泉水的温度又远低于沸点。天生磺即自然硫。搞地热的人之所以注意自然硫，是因为它一般只出现在现代火山地热区，而且一般只出现在沸泉区。

我们怀疑这儿原来是沸泉，由此我们查看了《徐霞客游记》和《浪穹县志》。霞客记云：“湖中有阜，中悬百家居其上，南有一突石高六尺，大三丈，其形如龟，北有一回岗高四尺，长有十余丈，东突而昂其首则蛇石也。龟与蛇交盘一阜之间，四旁沸泉腾溢者九穴，故名九气台”。《县志》艺文志和揽胜篇亦多处记载九气台“石穴有九，中涌温泉，热如沸汤”等。由此可以初步断定九气台原来是沸泉，温度当在96℃左右。温度降至今日76.8℃的原因，古人推断是由于“四面淤塞”，致使“石不空虚”，也就是说热水上行的通道受到了阻塞，冷水则乘虚而入，温度由此下降。另外据我们考证：九气台原来是茈碧湖中的一个泉华岛，后来湖水退缩至玉湖镇西北角，九气台周围才变成陆地。断裂带再南延至弥渡坝子以后，又出现高孟营、夹石洞、白总旗和石咀等热泉群。这一线最令人费解的情况是：洱海是这条大断裂的重要联结点，可是洱海附近，以及整个大理县却无任何水热区出现，地方志书上也没有任何记载。另一个费解的问题是洱源—弥渡一线距板块消减带过远，因此很难认为它的水热活动也属于板缘性质。七十年代国际上出现一种袖珍型扩张中心的说法，把一些远离板缘的强地热活动区和某些大洋火山归入这一类。洱源—弥渡是否也可归入这种类型？值得今后进一步研究。

五、开发滇西水热型地热资源的有利因素和不利因素

世界上地热资源的现代化利用，始自本世纪二十年代，但到目前为止的进展还不算大。除了冰岛、萨尔瓦多等少数几个国家以外，在其它国家的能源工业里所占的比重还微不足道。但地热能确是当今世界上叫得很响亮的一种新能源。除了联合国召开过三次地热能开发利用讨论会以外，地热问题还渗透到许多其它国际会议之中。形成“地热热潮”的最大原因是1973年以来世界范围内的能源危机和环境冲突。

我国在七十年代早期也出现过某种“地热热”，但由于初期工作存在较大的盲目性，相当多的地区在资源性质和前景不明的情况下，急于追求地热发电，致使整个工作碰到了许多困难。与差不多同时期上马的墨西哥、萨尔瓦多和菲律宾等国相比，我们的进展是很慢的。目前进展较好的仅三处，即西藏羊八井、台湾省和湖南省宁乡县灰汤。其中羊八井于1977年一台改装的1000千瓦机组投入运行，1981年12月另一台新制3000千

瓦机组并网发电。拉萨市于1981年底开始使用地热电力。

从性质上看,我们认为滇西部分水热区的资源开发前景并不亚于西藏和台湾。开发利用滇西地热除了将为我国的能源结构和相应的科学事业作出贡献以外,还将在保护滇西森林资源方面起重要作用。根据历史文献的印证,今日已是“童山濯濯”的许多地方过去曾经是“大木巨竹,蒙蔽无隙”。滇西森林消失速度之快是很惊人的。如凤庆县,据县科委统计:凤庆县现有山林覆盖率为22%,而1950年为45%,30多年来下降了23%,目前还在继续下降。林木消失的原因很多,燃料利用是其中重要的一方面。据我们过去了解,腾冲县滇滩铁矿曾用木炭炼铁,年耗木炭最高可相当于1.8万立方米木材。凤庆县每年耗费木材是:民用燃料20.6万立方米,用于烤茶、酿酒、制糖,以及烧制砖瓦、石灰,为1万立方米,国家伐木收购等1.9万立方米,民用建筑为1万立方米,其它0.5万立方米,共计25万立方米;而木材自然生长量为每年3.4万立方米,生长与消耗之比为1:7.3。西双版纳州除用木柴烤茶外,还用于烤胶等。而这些地区恰恰又存在利于地热发电的地热资源一级远景区。如果利用地热电力或大于150℃的地热蒸汽来替代木柴,既可以挽救大量森林资源,又保护了环境。这个问题影响非常深远,它不是几个简单数字所能充分说明的。

滇西地热开发利用面临水能资源的“剧烈竞争”。怒江、澜沧江、金沙江都流经滇西。它们蕴藏着极其丰富的水能资源,这些资源到目前为止还基本上没有得到开发利用。开发水能资源的初投资虽然很大,但建成后的运行成本却十分低廉,而且不存在地热能开发那种风险性投资。由于地热勘探的目标是要找寻150℃以上的高温流体,而这种流体存在的部位最浅也得在地下一公里左右。目前人类认识地下的能力还比较有限。一钻打下去未必能成功地打到生产层,其投资就很可能得不到补偿。这种投资在热田勘探初期在所难免,因此许多专家认为:投资存在风险是世界上许多国家在地热开发面前踟躇不前的重要原因之一。

我国是一个伟大的社会主义国家,要在我们这广大国土上实现四个现代化,就得把所有能量资源都利用起来。在开发滇西能源方面,我们赞成把水能资源放在第一位,对地热资源,现在着手进行试验性开发。美国盖瑟尔斯地区在六十年代初就建成了2.5万千瓦地热电站,但一直是示范性的。到了七十年代中期,资源和工程情况都比较清楚了,七十年代后期的发展也就快了。试验开发的规模不宜小于6000千瓦,过小则不易试出结果来。地点如何选择?我们认为第一优选地区应是腾冲县的热海,第二是云县的大空蚌,第三是景洪县小街公社的曼蚌水热区。

本文经何国琦副教授审改,特此致谢。

AN OUTLINE OF THE HYDROTHERMAL RESOURCE IN THE WESTERN YUNNAN PROVINCE

Tong Wei Zhang Zhifei Liao Zhijie Zhu Meixiang

(Department of Geology, Peking University)

Zhang Mingtao Zhou Changjin

(Integrated Survey Commission of Natural Resources,
Academia Sinica)

Abstract

We have inspected since 1980 almost all the surface manifestations of hydrothermal activities in western Yunnan province with the aim of compiling a geothermal resource inventory. 515 hydrothermal areas are known so far in this region, among which 207 areas act as hot springs ($t^{\circ}C745$), 13 areas as boiling springs and another 4 areas as subboiling springs in the surface. In some high-temperature areas hydrothermal explosions have been observed during or after local earthquakes indicating the existence of underground saturated or superheated fluid.

It is widely held that a considerable portion of the western Yunnan province is located behind the convergent zone (or subduction line) between Eurasian and Indian plates where nearly all the boiling hydrothermal areas may possess first-grade resource potentials. But, the authors also believe that some hydrothermal areas with their spring-vent temperature below local boiling points might also possess first-grade or second-grade resource potentials.

The authors quite agree to give priority to the development of the very abundant hydropower resources in western Yunnan, and propose an early start for a demonstration development of their hydrothermal resource. The first preferable area of exploration is naturally the hot sea in Tengchong County.

36. 滇西北怒江流域农业生产特征与分区^{*1}

孙尚志 熊利亚^{*2}

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

怒江自西藏自治区的察瓦龙向南于青拉桶流入云南省境内,经贡山、福贡、碧江、泸水四县,于六库以南36公里处进入保山地区。在怒江傈僳族自治州境内径流长约360公里,谷底自海拔1800米左右下降到海拔800米,两岸包括17个公社,共17.3万人,有耕地30.6万亩。

一、自然条件及民族特征

滇西北在地质构造上属横断山块断带,新构造运动强烈,花岗岩、灰岩、片麻岩、大理岩等基岩广泛出露。怒江夹于高黎贡山与怒山(碧罗雪山)之间,谷底下切很深,较同纬度澜沧江低300米,较金沙江低500米。分水岭距离很近,宽度一般在20公里左右,最宽仅40公里。分水岭高度在泸水以北均达海拔4000米以上,相对高度在2000米以上,呈典型的高山峡谷地貌。西侧高黎贡山略缓,若干低平垭口为来自孟加拉湾的西南气流打开了通路,而东侧碧罗雪山尤为陡峻,坡度往往可达30°以上,且岭脊线较连续、整齐,成为东西气流难以逾越的障碍。

本地区河谷底部包括自北热带至北亚热带的多种气候类型。热量条件以六库南部最高,海拔900米以下河谷,年均温20℃以上,全年日均温均大于10℃,≥10℃积温近7500℃,冬无冰冻、霜雪,已属准热带或北热带气候。而北部河谷海拔增高,热量下降,近于谷底的贡山(海拔1591米)年均温14.7℃,≥10℃积温4329.2℃,无霜期278天;11月中至次年3月平均雪日21.3天,并略有地面积雪,但最低月均温仍达7.6℃,绝对最低温在-3℃以上,属北亚热带气候。这为多种作物及经济林木生长、越冬提供了条件,除少量高山地区外,玉米、水稻均可一年两熟。折算到同一海拔高程,六库海拔1500米处年平均气温约16.7℃,泸水附近为16.6℃,碧江附近为16.0℃,福贡附近为15.3℃,贡山附近为15.2℃,亦有自南而北递减的趋势,这是纬度条件和水分条件双重影响的结果。当然,就同一地区而言,海拔高程对热量条件有显著影响,一般每升高100米气温下降0.55℃,因此海拔4000米左右的分水岭地区,年平均气温多已降至

^{*1}参加该地区考察的还有倪祖彬、朱国金、王太伦同志。成文过程中得到程鸿、李文华和云南省怒江州高应新同志的帮助,谨此致谢。

^{*2}承担相关系数及聚类分析运算。

0—2℃，已呈寒温带景观。

本地区降水条件有自南而北逐步增加的趋势。潞江坝（属保山地区）年降水715.4毫米，六库为1011.4毫米，泸水为1185.2毫米，碧江为1163.0毫米，福贡为1389.5毫米，贡山增至1667.4毫米。而蒸发量有自南而北递减的趋势。在碧江以南，均为蒸发量大于降水量，六库更相当于降水量的两倍以上，而福贡以北，则为蒸发量小于降水量。不同水热条件的组合，形成河谷南北段湿润程度的差别，在冬春季节尤为明显。但在贡山以北由于沿江而上的气流受地形阻挡，气候显著变干，如丙中洛年降水降至994.8毫米，这种趋势一直延伸到西藏境内。怒江流域气候表见表36—1。

表36—1 滇西北怒江流域气候特征表

项目 台站名	海拔 (米)	平均气温(℃)		≥10℃		降水量(毫米)		蒸发量(毫米)		年平均 相对湿度 %	年日照 时数
		一月	七月	全年	积温(℃)	3—5月	全年	3—5月	全年		
贡山	1591.3	7.6	21.3	14.7	4329.2	503.2	1667.4	351.0	1274.4	78	1322.7
福贡	1190.9	9.5	23.5	16.9	5454.0	537.3	1389.5	310.5	1228.2	80	1399.3
碧江	1927.8	7.5	19.3	13.8	3902.4	369.1	1163.0	399.2	1467.3	76	1704.5
泸水	1792.0	9.1	19.3	15.0	4737.6	231.1	1185.2	539.8	1663.6	70	2024.8
六库	910.0	13.2	24.8	20.2	7374.5	155.4	1011.4	762.4	2097.6	67	2005.0
潞江坝	727.4	14.1	26.5	21.3	/	120.4	715.4	/	/	/	2286.6

资料年度：潞江坝截至1970年，余皆截至1980年。

怒江古称泸水，又名潞江，沿南北向断裂线发育，道街（属保山县）年平均流量1656立方米/秒，年径流总量522.9亿立方米，枯水季节的最小流量亦达316立方米/秒，可谓取之不尽用之不竭的水源。但由于河谷深切，大部分耕地高踞于百米之上，不具备提灌、引灌之条件。而由于与南北向主构造线成正交的东西向次级构造线的影响，怒江两侧发育有众多支流呈“非”字形分布，约每隔5—10公里即有一条小河汇入，尽管多甚短小，却为两侧耕地、林木及人畜用水提供了水源。

区内森林植被，近二十余年来，因过度采伐而减少。福贡现有的森林覆被率为18.4%，同时耕地面积迅速扩大，如贡山1980年比解放前夕耕地增加了74.4%。现在本地区垦殖指数已达3%以上。当然，在怒江河谷不同地段耕地分布状况也不相同，六库以下平均坡降1‰以下，河谷开阔，多洪积扇、河漫滩，耕地较多；六库以上河谷变窄，平均坡降增至2.9‰，阶地极不发育，仅局部地区有洪积扇分布。耕地减少，且多半依山势悬挂于半坡间。坡度往往可大于25°，仅可手锄，不可牛耕，每年耕牛落江之事时有所闻，尤以福贡、贡山交界之马吉、向阳一带山势逼窄，石多土薄，耕垦十分艰辛。

滇西北怒江流域为一边疆少数民族地区。据1980年统计，傈僳族12.5万人，占70.1%；白族2.0万人，占11.3%，以六库附近为多；怒族1.7万人，以丙中洛为集中；汉族1.1万人，居第四位，主要分布在南部；其他依人口多少为彝、独龙、纳西、藏、傣、回、景颇、苗、普米、阿昌等一般都有其聚居区，如彝族在南部，独龙族在北部，傣族在上江，

藏族在丙中洛。这些民族分布与自然环境和历史迁徙有关，又对农林牧业等生产活动产生影响。

二、农业生产基本特征及地域分异

本地区是一个贫穷落后的边疆少数民族地区，解放前刀耕火种，耕地大部不固定，人均产粮约200斤，半年靠野生植物采集及渔猎为生。经解放以来三十余年的努力，面貌发生了相当大的变化，以贡山县为例，粮食产量由1949年的288万斤增长到1980年的1045万斤，增长了2.6倍；怒江还架起新桥，交通闭塞的状况有了初步改变。但与内地许多地区相比，仍有相当大的距离。

(1) 农林牧副多种经营尚有待开展，目前仍是以粮食生产占主导地位的地区。在1980年农业总收入中，粮食收入占75.85%，包括经济作物等非粮食在内农业收入共占82.09%，而林业收入仅占3.28%，牧业收入仅占3.02%。分析1980年沿怒江各公社人平收入与人平产粮的状况，可明显看出它们间的相互关系（如图36—1）。

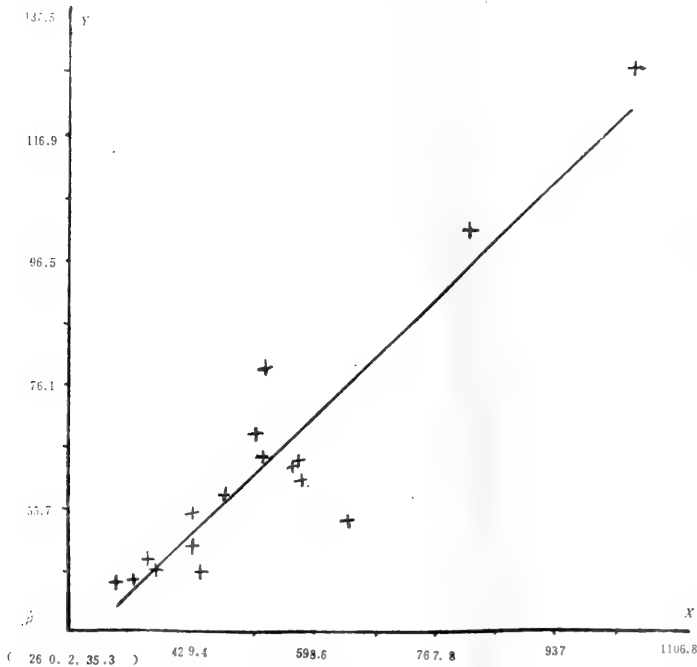


图36—1 滇西北怒江流域人平收入与人平产粮关系

y: 为人平收入 (元) x: 人平产粮 (斤)

由上图可清晰看出：目前在人平产粮低于400斤的地区（茨开、向阳、马吉、东方红），其人平收入均少于50元；而人平产粮800斤以上的地区，其人平收入均超过100元；人平产粮超千斤的上江公社，人平收入在120元以上。经计算 $Y(\text{人平收入}) = 0.7218$

+0.1175X（人平产粮），其相关系数达0.9277。称干公社人平产粮达到400斤以上，但由于单一的农业经营，粮食收入占到农业总收入的92.62%，人平收入亦在50元以下。增产粮食、开展多种经营，对发展地区经济、提高人民生活有重要意义。

（2）粮食单产低是影响区内粮产的决定因素，提高玉米单产可起关键作用。

人平产粮为人平耕地、复种指数、粮食播面占总播面百分比，以及粮食播面亩产四个特征要素的综合反映。通过对滇西北怒江流域各公社不同要素区域指数、平均值、区域分异度、相对区域分异度的计算，可得下表36—2

表36—2 滇西北怒江流域几个特征要素分析表

项 目 要 素	平均值 \times_3	区域分异度	相对区域分异度（%）
人平耕地（亩）	1.76	0.4340	24.6029
复种指数（%）	155.44	23.4032	15.0554
粮食占总播面（%）	93.58	5.6420	6.0291
粮食播面亩产（斤）	222.45	84.4220	37.9495

由表36—2可看出，粮食播面亩产的相对区域分异度最大，地域分异最为明显。在17个公社中，区域指数大于20%的有5个，其人平产粮亦较高；区域指数小于-30%的为4个，粮播亩产低于150斤，其中除丙中洛因人平耕地较多人平产粮500斤外，其余皆平均在400斤以下。

本地区除上江水田占耕地58.6%外，其余皆以旱地为主，半数公社旱地可占到耕地90%。玉米在作物播面构成中处突出地位，除上江及福贡县部分公社外，均占作物总播面40%以上，在泸水、碧江更超过50%，玉米亩产对粮食亩产有决定性影响（如图36—2），经计算 y （粮食亩产）=7.8263+0.789X（玉米亩产），其相关系数达0.8941。

由下图可见，玉米亩产高于300斤的公社，其粮食亩产便超过240斤；玉米亩产低于200斤的公社，其粮食亩产便低於170斤，线性关系十分明显。抓好量大面广的玉米是粮食增产的关键。

（3）经济作物及经济林木种类多、地域性强。

本地区经济作物目前仅占总播种面积的4.29%，但种类不少，其中黄连等药材具有全省、全国意义。甘蔗主要分布于上江，六库。油菜以福贡、贡山为多。以黄连为主的药材，以福贡县为集中。这些均与地域水、热条件有密切关系，其他经济作物有大麻、烟叶等。

经济林木近年有较大发展，分布广泛、有较高经济价值的如油桐、核桃、漆树、油茶。它们喜温暖湿润气候，适于在年平均气温17℃左右，最冷月平均气温6～9℃处生长，福贡及贡山南部海拔1500米以下沿江地区极宜。1980年本地区总产10859担，人平

*₃按各公社平均值累加计算，与统计稍有出入。

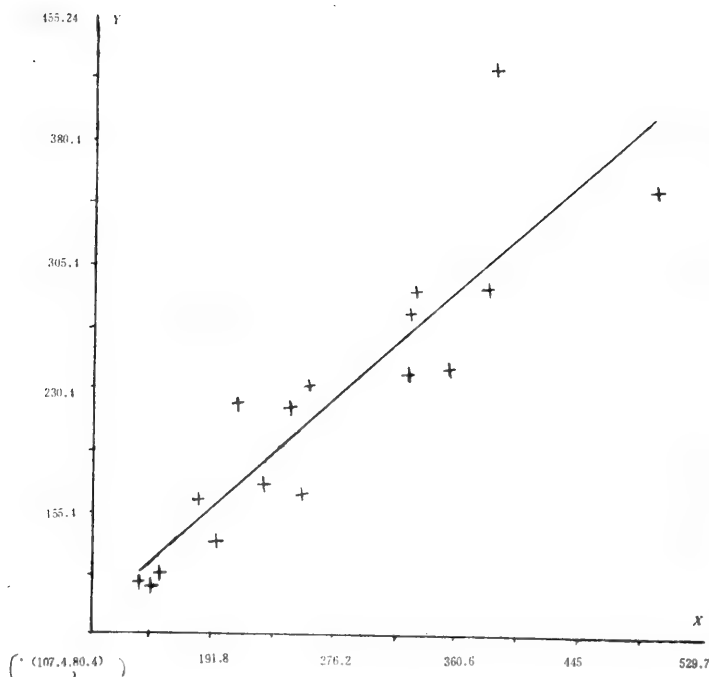


图36—2 滇西北怒江流域粮食亩产与玉米亩产的关系

y粮食亩产(斤) x玉米亩产(斤)

6.27斤,经济收益甚可。核桃因江边地少温高,而多分布在海拔1500米以上的半山地区,较耐干,以泸水及丙中洛较多,1980年产5664担。漆树所需热量略低于油桐,多分布于海拔1700—1800米。果树多为苹果、梨,南部有少量芭蕉、柑桔。由于交通问题,均以就地消费为主。此外,泸水等地有少量茶树,仅能满足区内部分需要,贡山近年有所发展。

(4) 牲畜以黄牛、猪、山羊为主,牧业只居次要地位。

本地区山大坡陡、土薄石多,天然草场较少,发展牧业受到一定的限制。据1980年统计,区内有各类牲畜人平仅1头。牧业收入在农业总收入中比重很低,最高的鲁掌公社亦仅占6.73%,居次要地位。地区牲畜中大畜占18.73%,其中黄牛占大畜的92.48%。黄牛以较干热的泸水及碧江南部较多,而福贡、贡山交界处黄牛尚不及牲畜总头数的10%;总的分布趋势是南多北少,但到滇藏边界的丙中洛比重又显著增高,其相对区域分异度为30.2253%。南部上江公社除黄牛外,尚有较多水牛。小牲畜占牲畜总头数81.27%,小畜中猪占69.17%,由于受家饲条件等非地带性因素影响,其相对区域分异度仅为8.5354%。地域分异极不明显,而山羊占小畜的29.68%,区域差别较大,其相对区域分异度达到30.1626%,南部比重较低,北部比重增高。丙中洛除山羊外,尚有较多绵羊。

滇西北怒江流域区内高差悬殊,垂直分异十分明显。据1980年对本地区11个公社1288个生产队,几项主要农业生产指标按海拔高程的分类统计,可显著看出海拔2000米以

上的岭脊山地与河谷、半山地区的不同农业生产特征，见表36—3。

表36—3

海拔高程对农业生产的影响

项 目 县、社名	地势	生产队 个数	人平耕 地(亩)	人平牲 畜(头)	人平产 粮(斤)	粮播亩 产(斤)	作物构成(%)			牲畜构成(%)	
							粮作 合计	水稻	玉米	黄牛	羊
贡山县	岭脊山地	25	2.48	1.12	515.17	149.90	84.0	3.0	52.0	9.0	42.0
茨开公社	河谷山地	46	2.67	0.92	324.83	100.56	99.0	6.0	47.0	9.0	8.0
福贡县	岭脊山地	142	1.04	0.77	397.92	166.05	92.0	6.0	53.0	10.0	43.0
	河谷山地	368	1.47	0.83	539.98	364.97	82.0	20.0	18.0	12.0	28.0
碧江县	岭脊山地	160	1.63	0.95	421.64	183.00	100.0	4.0	58.0	14.0	33.0
	河谷山地	377	1.45	0.89	431.33	201.94	99.0	6.0	63.0	17.0	27.0
泸水县	岭脊山地	46	1.96	1.15	341.21	148.60	79.0	4.0	60.0	11.0	28.0
称干公社	河谷山地	124	1.73	1.16	430.66	186.13	83.0	15.0	55.0	17.0	24.0

注：岭脊山地在海拔2000米以上，河谷山地在海拔2000米以下

由上表可看出，在作物构成方面，岭脊山地水稻比重显著低于河谷山地，而除碧江外，玉米比重又均高于河谷山地。在牲畜构成方面，岭脊山地一般是牛的比重低，而羊的比重高。在生产水平方面，除贡山外粮播亩产及人平产粮均以河谷山地为高。这种作物、牲畜构成及生产水平的地域差别，与自然环境和人类活动有密切的关系。据分析海拔2000米处，年平均气温约12—13℃，七月平均气温19℃左右，≥10℃积温200—210天，约3200℃，对水稻等作物品种，耕作制度及经济林木的生长均有明显影响。但就一个公社整体来说，一般均以河谷山地在耕地，人口等方面居主导地位。在以行政区划为单位的情况下，河谷山地往往反映了该公社类型特征。

三、农业分区的初步探讨

农业分区的目的在于认识和掌握农业生产的地域性，因地制宜地发展农业生产。农业分区要考虑合理利用自然条件和自然资源，合理利用和改造现有生产基础，有共同发展方向和增产途径，并照顾一定行政界线的完整。

滇西北怒江流域属省内二级农业区，它是包括泸水、碧江、福贡、贡山、兰坪、德钦、中甸、维西、丽江、宁蒗在内的滇西北农林牧区的一部分。在自然条件，农业生产现状方面有许多共同特征，但区内差异仍很显著，既有南北水平方面的变化，又有随海拔高程垂直方面的变化。就行政单位而言，不仅一个公社，就是一个大队也往往包含了一个从河谷到高山的完整的垂直带谱，一个生产队也往往有高差达数百米的不同地块。我们在进行次级农业区的划分时，既要考虑到这些因素，又不可能照顾到每一个细部差别，只能是按一定行政区划为单位概略地找出不同类型地域的界限，为农业规划、布局

表36—4

滇西北怒江流域各地域间距离矩阵

	茨开	丙中洛	茨开	向阳	马吉	利沙底	鹿马登	上帕	抗大	子里甲	匹河	五七	东方红	称干	大兴地	鲁掌	六库	上江
茨开	3.9920	0																
向阳	4.75021	8893	0															
马吉	6.99384	98913	8121	0														
利沙底	7.10025	70004	55962	5137	0													
鹿马登	7.82596	91325	89904	26702	9793	0												
上帕	5.96975	14674	53524	24333	37553	0936	0											
抗大	5.13963	77403	13335	45295	04785	61174	6800	0										
子里甲	5.58453	17403	60595	59235	21625	47304	12593	1659	0									
匹河	5.44994	48213	36995	29094	94005	24034	17722	11422	2975	0								
五七	6.78775	03323	60054	93084	50094	80034	81673	09583	06122	5243	0							
东方红	5.20064	06043	30065	60005	28846	43415	33642	92543	99492	60893	3218	0						
称干	5.68814	63503	98385	95655	22186	44415	19753	90123	90813	51573	80022	3477	0					
大兴地	3.80864	21234	26846	63766	08277	30685	73053	68964	16364	06445	11403	45433	3211	0				
鲁掌	4.04504	04104	04226	15875	46626	13084	12653	71113	48503	52184	65493	54372	77542	4435	0			
六库	4.55004	64734	64036	50185	78616	91395	61424	30555	19944	71115	16513	99174	12042	67703	1406	0		
上江	7.91428	12848	12798	35256	90766	47325	50697	88747	28907	83677	91748	34627	12287	26975	58736	4162	0	

*4 我们所用为欧氏距离

服务。

通过对本地区以公社为单位46项农业生产指标的研究、分析，我们寻找出13项最能反映地域特性，而地域差别又最明显的指标作为划区的依据。它们是：反映部门结构的农业收入、林业收入占农业总收入%；反映生产条件及生产水平的人平耕地、水田占耕地%、人平牲畜、人平产粮、粮播亩产；反映作物构成的粮食作物、水稻、玉米、经济作物占总播种面积%；反映牲畜构成的黄牛、山羊占牲畜总头数%。它们也是该地域主导海拔高程作物、畜种、耕作制度、生产水平的综合反映。

根据以上13项指标，为确定各地域间的相似性和差异性，我们运用计算机计算出各区域间的距离*4，此距离为一个三角矩阵。

从以上矩阵中可看出，上江与各公社距离都大，与之最近的上帕亦达5.5以上，与之最远的马吉、东方红可达8.3，可见它是独立于其他任何公社的单独类型。丙中洛亦有类似的情况，唯其最小距离已缩至3.8，即它与其他公社的差异性已没有上江显著。反之，茨开与向阳，抗大、子里甲与匹河，其距离约在2.0左右，亦即它们的差异性很小

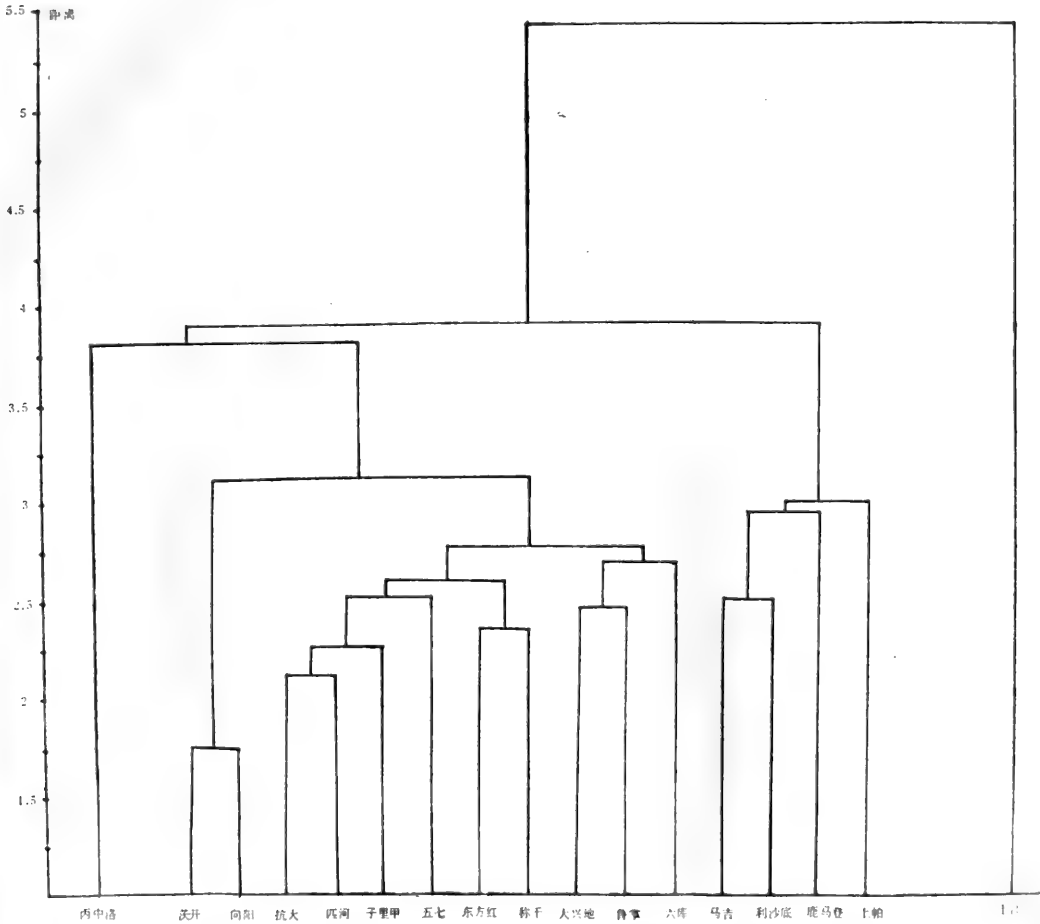


图36—3 滇西北怒江流域最短距离法聚类图

滇西北怒江流域区域对比表

表36—5

项 目 区 域	范 围 (公社名)	自然条件基本特征				农业生产基本特征								
		地 势	热 量	水 分	占农业总收入(%)		生产水平		作物播面构成(%)			占牲畜头数(%)		主要经济林木
					粮食	林业	粮播亩产	人平产粮	水稻	玉米	经作	黄牛	山羊	
丙中洛	丙中洛	略见开闢, 谷底海拔 >1600米	谷底年均温 <15°C, 年 ≥10°C积温 <4000°C	渐干, 年降水 <1000毫米, 11—4月降水 <450毫米	<60	1—2	<150斤	500— 600斤	<5	>40	>4	>20	<5	核桃、梨
贡 山	茨 开 向 阳	南部逼窄, 谷底海拔 1400—1600米	谷底年均温 15—16°C, 年 ≥10°C积温 4000—4500°C	湿润, 年降水 >1500毫米, 11—4月降水 >450毫米	60—70	1—5	<150斤	<400斤	<6	>45	3—6	<10	720	油桐、核 桃、茶
福 贡	马吉、利沙 底、鹿马登、 上帕	狭窄, 倒石堆 发育, 谷底海 拔1100—1400 米	谷底年均温 16—18°C, 年 ≥10°C积温 4500—5500°C	湿润, 年降水 >1300毫米, 11—4月降水 >450毫米	65—85	3—15	>200斤	300— 600斤	7—20	<45	8—17	6—15	>25	油桐、核 桃、茶
泸水—碧江	抗大、子里 甲、匹河、五 七、东方红、 称干、大兴 地、鲁掌、 六库	宽窄相间, 谷底海拔 850—1100米	谷底年均温 18—20°C, 年 ≥10°C积温 5500~7500 °C	干湿过渡年 降水1100— 1300毫米, 11 —4月200— 450毫米	70—95	0.3—15	100— 300斤	350— 850斤	1—18	>50	<3	9—22	>15	核桃、油 桐、茶、 果
上 江	上 江	较开闢, 洪 积扇发育, 谷底海拔 <850米	谷底年均温 >20°C, 积 年≥10°C, 积 温>7500°C	较干, 年降水 <1000毫米, 11—4月降水 <200毫米	70—80	1—2	>400斤	>1000斤	>40	<30	>2	>14	>15	芭蕉、柑 桔、紫胶

表36—6

滇西北怒江流域农业分区

项 目 区 名	范 围 <公社名>	人平 耕地 <亩>	人平 牲畜 <头>	人平 产粮 <斤>	粮播 亩产 <斤>	作物构成 (占总播面%)				牲畜构成 (占总头数%)					
						粮作 合计	水稻	玉米	小麦	经作 合计	黄牛	水牛	山羊	绵羊	猪
合 计	滇西北怒江流域17个公社	1.77	1.00	563.5	223.6	94.17	9.11	47.54	11.28	4.29	15.73	1.27	24.12	0.92	56.21
丙中洛	贡山县丙中洛	2.39	1.18	532.1	111.6	95.14	3.42	41.61	18.63	4.39	22.51	—	4.93	13.96	55.13
福贡—贡山	福贡县4个社及贡山县茨开、向阳	1.60	0.85	467.9	220.0	89.03	11.28	38.02	12.76	9.49	10.73	0.01	30.01	0.52	58.23
泸水—碧江	泸水县六库、鲁掌、称干、大兴地及碧江县5个社	1.80	1.05	540.9	209.8	97.49	7.61	56.86	8.95	1.84	17.74	0.63	24.55	0.11	54.92
上 江	泸水县上江	1.87	1.15	1036.3	424.0	89.68	40.13	27.67	13.85	2.79	14.10	8.53	16.50	—	59.52

*6. 将滇西北怒江流域作为一个农业区。

应属同一类型。根据表36—4 计算出来的距离,我们用聚类分析方法得出图解,如图36—3。

由上图可以看出,在距离3.1以上,滇西北怒江流域共可分为五个区,我们试将它们的自然条件、生产现状进行比较并列表36—5 以示之。

由表36—5 看出,由聚类分析方法划出的不同区域比较真实地反映了各地域间的差别,并体现了地域的延续和连片。考虑到发展方向和增产途径的共同性等非计算要素的影响,我们将五个区域进行适当调整确定为四个农业亚区,概述如下,见表36—6。

(1) 丙中洛亚区

为藏东平行岭谷的南延部分,北与察瓦龙相连。谷底海拔1600米以上,年平均气温低于 15°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温少于 4000°C 。气候渐干,年降水量小于1000毫米,其中11月到次年4月少于400毫米。行政上为贡山县丙中洛公社,有耕地1.8万亩,0.75万人。

本区为滇西北怒江流域中怒族及藏族的聚居区,交通闭塞,人平耕地较多,在2亩以上,但水田少,尚不及耕地1/10。耕作粗放,旱地中轮歇地占20%以上,而粮播亩产在150斤以下。作物以玉米为主,荞麦、洋芋占有一定比重,而水稻尚不及作物总播面的5%。经济作物不多,以油菜为主。牲畜除猪外,黄牛占较大比重,迪麻洛还有少量牦牛。羊以绵羊为主,绵羊头数占到滇西北怒江流域的78.41%。经济林木以核桃为主,1980年产1090担,此外还有梨等果木。

本区发展方向是农牧并举,多种经营。调整作物播种面积,增辟水田,改进耕作管理,努力提高作物单产。充分利用草场资源,发展黄牛和以绵羊为主的养羊业。搞好核桃栽培管理,以满足生活要求。

(2) 福贡—贡山亚区

处滇西平行岭谷北段,地势逼窄,马吉附近尤甚。谷底海拔1100—1600米,年均温 $15-18^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $4000-5500^{\circ}\text{C}$ 。由于来自孟加拉湾的西南气流阻挡于此,气候湿润。年降水量南部大于1300毫米,北部大于1500毫米,其中11月至次年4月在450毫米以上。境内滑坡、泥石流、倒石堆甚为发育。

本区在行政区划上包括福贡县全部及贡山县南部的茨开、向阳公社,有耕地8.7万亩,5.4万人,以傈僳族为主,怒族、白族占有一定比重。人平耕地北多南少,而水田比重南高北低,马吉轮歇地可占旱地的1/5。由于耕作管理上的不同,本区南部作物单产和人平产粮较高,而北部粮播亩产在150斤以下,为滇西北怒江流域最贫困的地区之一。本区南部水田较多,水稻可占总播种面积的1/5左右,而北部旱地和玉米比重更高;地势稍平缓处多复种小春作物,唯小麦扬花、结实期多受春雨影响,亩产量往往不足百斤。经济作物占有较大比重,马吉占总播种面积15%以上,主要是油菜,药材(黄连)。牧业多为猪和山羊,而黄牛等大牲畜甚少,每头牛负担耕地20亩以上。经济林木以油桐为主,1980年产量占滇西北怒江流域3/4,鹿马登人平生产32斤。茶树近年亦有较大发展。

本区地势狭窄、气候湿润,今后方向应以林为主,全面发展。那些坡度达 $30-40^{\circ}$ 的陡坡地要逐步退耕还林,而通过改进耕作管理,选育短日照良种等措施提高现有耕地单产。小春小麦单产过低应予调整,增种油菜。油桐种仁含油量约35%,是很好的干性植

物油，可充分利用坡地、江边、路边、地边种植，而且可桐、茶间种。黄连等药材已有一定生产基础，应改善加工条件，建成全省巩固的生产基地。

(3) 泸水—碧江亚区

为滇西平行岭谷中段，河谷宽窄相间，边坡往往大于 25° 。谷底海拔850—1100米，年平均气温 $18-20^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温5500—7500 $^{\circ}\text{C}$ ，年降水1100—1300毫米，其中11月至次年4月200—450毫米。

本区在行政区划上包括泸水县之六库、鲁掌、称干、大兴地四个公社，以及碧江县的全部。共有耕地17.07万亩，9.48万人，以傈僳族为主，怒、白、汉、彝等民族占一定比重。水田南部略多，其中雷响田占10—20%，而泸水至碧江交界处以旱地占绝大比重。称干轮歇地占到旱地45%，与冬春干旱、水源缺乏有关。本区是滇西北怒江流域旱粮最集中的地区，玉米一般均占作物总播面50%以上，而经济作物比重甚微。牲畜除猪外，以黄牛较多，一般占牲畜总头数1/5左右。经济林木种类繁多，六库、鲁掌在区内茶叶生产中占一定地位。核桃、油桐、水果（苹果、梨）亦有一定产量。

本区发展方向应为农林并举，多种经营。首先应调整耕地，改进技术，推广良种，增施肥料，提高以玉米为主的粮食单产。同时努力改善水利条件，因地制宜地扩大水田，并提高小麦、蚕豆的复种比例。经济林木应侧重核桃、漆树的发展，以海拔1500米以上半山地区为宜，同时，加强森林资源的保护。生猪、黄牛、山羊等牲畜尚有一定发展潜力，关键在于冬春补饲和兽疫防治。

(4) 上江亚区

为滇西平行岭谷南段，与保山地区之芒宽、敢顶、潞江坝相连。怒江河谷渐趋开阔，洪积扇发育，坡度较缓。谷底海拔850米以下，年均温 20°C 以上， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温超过7500 $^{\circ}\text{C}$ ，是滇西热量条件最高的地区之一。气候干燥，年降水量在1000毫米以下，11月至次年4月尚不足200毫米，而同期蒸发量大，春旱严重。

本区在行政上为泸水县上江公社，有耕地3.01万亩，1.60万人，除傈僳族外，汉族、白族占一定比重。由于谷阔坡缓，人平耕地在1.8亩以上，其中水田超过半数，但局部地区水源缺乏，多雷响田。上江过去属保山地区，开发历史悠久，耕作管理较细，现粮食播面亩产在400斤以上，是滇西北怒江流域主要高产区。作物构成以水稻为主，占40%以上，而玉米在30%以下。经济作物主要是甘蔗，含糖量高，但所占比重不大。牲畜除猪外，以牛为主，水牛占滇西北怒江流域的71.19%。经济林木中，以芭蕉、柑桔、紫胶为主。

本区的发展方向是以粮为纲，多种经营。充分利用水田多的有利条件，选育优良品种，提高稻米产量，建成巩固的商品粮食基地。提高复种指数，改善加工条件，扩大其他粮食作物和以甘蔗为主的经济作物的种植。充分利用热量资源，发展芭蕉、柑桔、紫胶、砂仁、咖啡生产。改善饲养条件，搞好猪、水牛的繁殖育种，并充分利用沟塘水面放养鲢鱼、草鱼等，发展渔业生产。

参 考 文 献

- (1) 云南农业地理编写组：《云南农业地理》云南人民出版社，1981年。

(2) 程鸿等:《川西滇北农业地理》科学出版社,1966年。

(3) 方开泰:《聚类分析的方法及其应用》见《数学地质专辑》,地质出版社,1980年。

THE CHARACTERISTICS AND REGIONALIZATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE NU RIVER VALLEY OF NORTHWESTERN YUNNAN PROVINCE

Sun Shangzhi Xiong Liya

(Commission for Integrated survey of Natural Resources
Academia Sinica)

(Abstract)

1. The natural conditions and nationality features

The northwestern Yunnan province belongs to the block surface zone of Hengduan mountain with a typical geomorphology of high mountain and deep valley.

The valley floor of Nu river comprises several types of climate belts ranging from north tropic zone to north sub-tropic zone.

The annual mean temperature decreases and the precipitation increases latitudinally.

The Nu river develops along the rift line from south to north with steep gradient, providing no convenient gravity or raising irrigation. But many tributaries provide water sources for the cultivated lands, forests, animals as well as domestic use on both sides of the river.

The Nu river valley is a minority nationality region where Lisu and Pai tribes are the dominant ones, making up 70.1% and 11.3% of the total population in the region respectively.

2. Essential features and regional differentiation of the agricultural production

At present, grain production plays dominant part in this region, grain production making up 75.85% of the total income. Maize plays a prominent role in the constitution of the crop. So to raise the yield of the maize is the key to the solution of the grain problems in this region.

At present economic crop comprises small proportion in the region including mainly the sugarcane, rape and medicinal herbage such as Goldthread (coptis) etc. The economic forests are distributed widely, among which the tung trees and walnut trees are those of greater economic value.

This region lacks natural rangeland, because there are many high mountains with steep slopes. Therefore animal husbandry plays only a minor

role.

3. The preliminary approach on agricultural regionalization

13 indices were adopted which reflect the regional characteristics and demonstrate the regional differences more obviously after careful analysis of 46 agricultural productive indices with the people's commune as unit along the Nu river valley. the 13 indices constitute the basis for regionalization. The region was divided into 5 areas according to distance and comparison between them were made, using clustering method. As a result, 4 sub-regions were distinguished according to their goal of development and way of increasing production as listed below.

- 1) The Bingzhongluo sub-region
- 2) The Fugong-Gonshan sub-region
- 3) The Lushui Bijiang sub-region
- 4) The Shangjiang sub-region

37. 云岭中部农业类型垂直变化的初步研究*

朱 国 金

(中国科学院 成都地理研究所)

本文讨论范围,系指云岭中部巨甸至白济汛之间的横断山脉腹部地区。复杂的地理环境,尤其地表的巨大起伏,导致农业生产明显的垂直变化。通过农业类型的划分,揭示农业垂直分异规律,为合理利用农业自然资源,因地制宜地进行“立体”农业布局提供科学依据,无疑是个值得研究的课题。

一、影响农业垂直分异的因素

农业类型是农业生产在一定地域空间上的结合形式。它的形成和演变,除了受农业本身固有特性支配外,主要是自然与社会因素综合作用的结果。

(一) 地表起伏是农业垂直分异的自然基础

本区是典型的高山峡谷区。云岭自西北向东南延伸,形成海拔3000—3600米的大幅隆起地带。它的东、西两侧是沿着经向构造发育的深大断裂——金沙江与澜沧江峡谷。若从山脊阿优比处(海拔3400米)作一横向直线与两江相交,它东距金沙江边(海拔1870米)35公里(直线距离,下同),相对高差1530米,坡降4.37%;西距澜沧江边(海拔1640米)24公里,相对高差1760米,坡降达7.33%,地形起伏是很大的。其中又以澜沧江下切特深。这种地表的巨大起伏,为农业垂直分异奠定了自然基础。

地形本身对农业垂直分异的影响,还表现在地表形态,特别是山地的坡度上。由于山高谷深,地表坡度较大,可供垦殖的土地有限。耕地主要局限在海拔2800米以下比较开阔的河谷、山间盆地和半山坡折带*。其中以金沙江沿岸阶地水田最集中,永春河谷亦为耕地较集中区域,其余广大山地,多为林地、林间草地所占据。在很大程度上,坡度成了发展种植业的限制因素。

(二) 气候尤其是热量在农业垂直分异中作用显著

农业是生物和环境因素的矛盾统一。在复杂的山地环境中,地形引起自然诸要素的变化,尤以热量变化最显著。根据温度垂直递减率与纬度推移值的对应关系,区内从河谷至山顶(以最高峰革尼瓦海拔3837米计算),最大高差可达2197米。相应地出现山地亚热带、山地暖温带和山地寒温带。不同农作物对热量条件需求不同,而不同海拔高度

*本文承程鸿、倪祖彬同志提供宝贵意见,倪祖彬、虞孝感、孙尚志、王泰伦等同志参加野外考察,一并致谢。

*坡折带指云岭山地半山一带常出现凹形地或山间盆地,是河谷向山背过渡的地形转折点。

可能提供的热量条件存在很大差别。因此,在不同的气候带谱中,有不同的农业生态适宜性,从而形成多层次农业部门、作物品种、熟制,乃至树种、畜种不同结构的农业类型。

(三) 社会经济因素也是农业类型垂直分异不可忽视因素之一

本区是地广人稀的多民族聚居区。历史上民族迁移,大致从金沙江流域逐渐往澜沧江、怒江一带推进。金沙江河谷开发历史较早,受汉、白民族文化影响较大,生产技术比较先进,加上自然条件优越,生产水平较高。交通是山地农业开发重要条件。解放后,巨甸—白济讯公路的修通,对沿线河谷、盆地农业发展起了促进作用。水利是发展水田农业重要前提。金沙江沿岸阶地水田农业类型的形成,除了自然条件适宜外,水利是个重要因素。当然,水田农业还必须要有相应的水、肥、劳力等条件配合。如水春河谷中下游,热量虽能满足稻麦两熟的要求,但因劳力、肥料不足未能复种。即便复种了,不仅小春产量低,还会影响翌年水稻、玉米产量,因而不能形成稻、麦两熟制。

二、农业类型的系统和特征

(一) 农业类型的划分

农业类型是根据农业生产条件、特点和发展方向相似性原则划分的。在具体划分方法上,以生产队为基本单位,从农业现状特征中找出确定类型范围界线的数量指标。

(1) 土地利用适宜性:拟以海拔2800米为农业和林牧业的界线指标。此线以上虽能生长作物,但其成熟期受限制,从自然特点看,宜于发展林、牧业。在此以下,耕地集中在河谷盆地内,热量较好,是耕作适宜区域。

(2) 人平产粮水平:目前,所有生产队主要从事耕作业,兼营附近森林、草场。农业收入大部来源于粮食生产。采用人平产粮水平指标,基本可反映农业生产水平的高低和生产条件的优劣,拟作划分农、林、牧类型之首要指标。人平产粮 ≥ 700 斤生产队,表明生产条件好,粮食自给有余,划为以农为主类型(I)。人平产粮700—400斤生产队,生产条件居中,粮食基本自给或稍有余,但因林业地位很重要,划为林农类型(II)。人平产粮 < 400 斤(口粮 ≤ 250 斤)生产队,生产条件差,粮食自给困难,但发展林牧业生产具有潜力,划为林农牧类型(III)。

(3) 水旱地比例:以此指标连同下面复种指数、作物组合指标,作为划分亚类依据。水田占耕地比重 $\geq 40\%$ 的,列为水田农业类型, $< 40\%$ 或旱地 $\geq 60\%$ 的,列为旱地农业类型。

(4) 复种指数:它是反映热量差异的综合指标。据此可确定类型的熟制。从地区条件出发,复种指数 $\geq 120\%$ 的为两熟, $< 120\%$ 的为—熟地区,并以亚类命名。

(5) 作物组合:以主要作物玉米、水稻、小麦、杂粮*组合,视各作物比重大小依序排列命名。第一位作物比重最大,是当地主导作物,首先确定其比例。水稻在作物组合中比重 $\geq 40\%$,或个别生产队虽然水稻比重不足 40% ,而水田比重 $\geq 50\%$ 的,皆列为水

*杂粮主要包括洋芋(马铃薯)、荞麦、燕麦等旱作

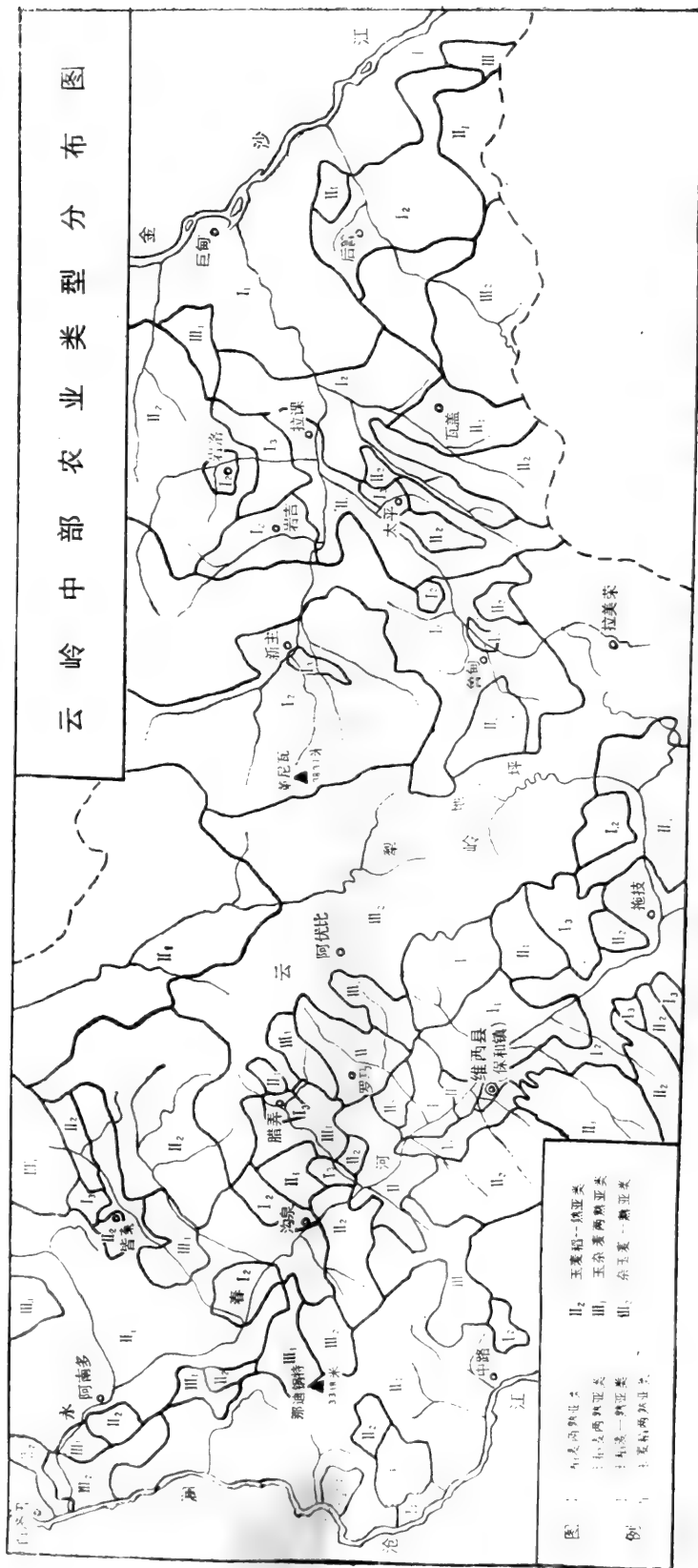


图37—1 云岭中部农业类型分布图

稻为主的稻麦亚类。玉米、水稻各占30%的，定为以玉米为主的玉稻麦亚类。玉米、小麦 $\geq 40\%$ 的，为以玉米为主的旱作亚类。杂粮 $\geq 60\%$ 的，以杂粮为主亚类。

（二）农业类型系统和特征

据上述指标，将云岭中部丽江县巨甸、鲁甸公社及维西县中路、白济汛、攀天阁、永春公社所属427个生产队分类组合，划分出下列两个等级农业类型（如图37—1）。兹把各类型特征作进一步说明。

I. 以农为主类型

本类型生产队数、农业人口和耕地，分别占全区总队数、总农业人口和总耕地40%、48%、和42%。主要分布在海拔2600米以下开阔的河谷、盆地。地势平缓，水土条件好，垦殖率较高，耕地集中连片，生产条件良好。耕地中水田比重占26%，高于其它类型。粮食耕地5万亩左右，年产粮2487.2万斤，亩平493斤，为各类型之冠。复种指数145%，亦居各类型首位。粮食播种面积7.23万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮分别占33%、17%、26%、14%，是以玉米为主、稻麦占重要地位的类型。

I₁. 稻麦两熟亚类：生产队数、农业人口和耕地，分别占I类的28%、37%、28%。大部集中在金沙江河谷平坝（巨甸坝）及与此紧接连的古渡河下游河口地区（海拔1,870—1,960米），少部位于永春河上游本村—古宗湾一带一级台地（海拔2100—2300米）。地势低平，具有平原地貌特点，为全区生产条件最优亚类。耕地中水田比重占63%，为全区水田面积最大、比重最高的地区，具有水田农业特色。复种指数157%。粮食耕地1.42万亩，粮食总产1097万斤，亩平773斤，为全区农业生产水平最高亚类。粮食播面2.23万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮分别占23%、36%、32%、9%，是全区以水稻为主、稻麦两熟的水旱轮作区。牧业类同其它亚类，以依附耕作业的猪、耕牛为主。但耕牛中水牛比重高达31%，是全区唯一水牛比重最高的亚类。

I₂. 玉稻麦两熟亚类：生产队数、农业人口和耕地，分别占I类49%、42%、42%。主要分布在永春河谷中上游沟泉、拉和主—拖枝（海拔2000—2400米），以及新主、后箐盆地（海拔2400—2500米）。大部位于河谷二级台地和比较开阔的盆地中部。耕地中水田比重下降到14%，而旱地上升到86%。复种指数162%，高于前类。粮食耕地2.09万亩，年产粮929万斤，亩平445斤，低于I₁但高于其它亚类。粮食播面3.37万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮分别占37%、9%、23%、31%，水稻地位下降而玉米比重上升，是以玉米为主、稻麦占一定地位的旱地两熟亚类。

I₃. 玉稻麦一熟亚类：生产队数、农业人口和耕地，分别占I类的23%、21%、30%。主要集中在鲁甸盆地（海拔2560米）、永春河谷麻栗坪—保和镇（海拔2,200—2,400米）的山前缓坡地带，一般高出I₂100米。耕地中旱地比重增至92%，而水田比重进而下降到8%。粮食耕地1.54万亩，年产粮462万斤，亩平300斤，均低于I₁、I₂亚类。粮食播种面积1.63万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮分别占38%、8%、26%、28%，与I₂相近似，同属以玉米为主的玉稻麦亚类。但其复种指数仅106%，低于I₂亚类，是一熟亚类区。

II. 林、农类型

本类生产队数、农业人口和耕地，分别占全区总队数、总农业人口和总耕地的47%、

42%、46%。分布范围广，但多位于西坡永春河谷左侧山麓（海拔1700—2500米），澜沧江谷坡（海拔1600—2600米）和永春河谷向云岭山脊过渡的坡折带。多为山谷、坡麓地带，即当地俗称“半山区”，一般高出Ⅰ类型200—300米。由于地形起伏大，除住宅附近耕地较固定外，大部耕地坡度较大，耕地中旱地占92%，轮歇地较多。如中路一带轮歇地占旱地比重30%，生产条件差。复种指数139%，低于Ⅰ类。粮食耕地5.75万亩，年产粮1421万斤，亩平247斤，比Ⅰ类低246斤。粮食播种面积7.69万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮比重分别占36%、6%、17%、41%，水稻、小麦比重下降而玉米、杂粮比重上升，尤其以杂粮比重上升幅度最大，是以玉米为主、杂粮比重较大类型。人平牲畜（折合）3.24头*，高于Ⅰ类2.84头。生产队附近山地面较积大，森林、林间草地较多，具有林、牧业生产潜力。

Ⅱ₁玉米稻两熟亚类：生产队数、农业人口和耕地，分别占Ⅱ类的73%、69%、69%。主要包括澜沧江谷坡磨房梁，哈母底山谷盆地和永春河谷阿南多一保和镇二、三级台地，以及其支流罗马等盆地，一般海拔2100—2500米。复种指数142%。粮食耕地3.88万亩，年产粮959万斤，亩平247斤。粮食播种面积5.49万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮分别占38%、6%、17%、38%，是以玉米为主，玉米与杂粮并重两熟亚类。

Ⅱ₂玉米稻一熟亚类：生产队数、农业人口和耕地，分别占Ⅱ类的27%、31%、31%。分布以永春河谷沟泉、保和镇山麓地带及美乐、锅杂底、鲁甸、太平等盆地相对集中，一般海拔2400—2600米，略高于Ⅱ₁类。耕地构成、作物组合和生产水平类同Ⅱ₁，仍属以玉米为主、与杂粮比重的较大的亚类。但复种指数只有119%，比Ⅱ₁低得多。牧业中绵羊、山羊比例53：47，比Ⅱ₁的43：57，表明绵羊比重增加。林种方面，除大面积云南松纯林外，上部是云南松与云冷杉林过渡带，出现高山松、华山松用材林树种。

Ⅲ. 林、农、牧类型

该类生产队数、农业人口和耕地，分别占全区总队数、总农业人口和总耕地的13%、10%、12%。主要分布在两大江及其支流上源海拔较高分水岭的两侧谷坡、山谷盆地，尤其以云岭山脊两侧罗马—拉美荣一带最集中（海拔2800—3400米）。耕地中旱地比重可达95%，加上热量不足，农业生产条件最差。粮食耕地1.42万亩，年产粮218.1万斤，亩平153斤，是全区生产水平最低类型。复种指数120%，低于Ⅰ、Ⅱ类区。粮食播种面积1.70万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮，分别占26%、3%、13%、58%，小麦比重大为下降，而杂粮居主导地位。与此同时，附近山地有云冷杉林和林间亚高山草甸草场资源优势，是一个林、农、牧都具有一定地位的农业类型。

Ⅲ₁玉杂麦两熟亚类：生产队数、农业人口和耕地，分别占Ⅲ类的70%、76%、67%。大部位于永春河谷中下游左侧山坡，以及其支流工农盆地周边山地、澜沧江谷坡油洛盆地和金沙江红顶、胜河陡峻谷坡上，一般海拔2400—2800米。粮食耕地0.93万亩，年产粮160万斤，亩平171斤。复种指数134%。粮食播种面积1.25万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮分别占30%、4%、14%、50%，杂粮比重很大，是玉米、杂粮并重两熟亚类。

Ⅲ₂杂玉麦一熟亚类：生产队数、农业人口和耕地，分别占Ⅲ类的30%、24%和33%。

*以绵羊1，黄牛、马、骡1:5，驴1:3，猪1:1.5，山羊1:0.7折合计算。

主要分布在云岭山脊书白至新联（王点石）至拉美荣山间盆地（海拔2800—3400米），少部位于澜沧江下江河桥至高宗一带，以及后箐上源等地（海拔1700—2200米）。耕地中旱地占99%，水田几乎绝迹。粮食耕地0.49万亩，年产粮58万斤，亩平119斤，为全区生产水平最低亚类。复种指数仅92%，复种困难。粮食播种面积0.45万亩，玉米、水稻、小麦、杂粮分别占14%、1%、12%、73%，杂粮比重占绝对优势。

三、农业类型垂直变化规律的初步探讨

第一，在云岭特殊地形条件下，农业类型垂直分布颇为复杂。尤其西部澜沧江下切特深，加上永春河谷断裂作用，形成澜沧江与永春河谷间海拔2400—3000米左右的分水岭，地形破碎，起伏比东坡更大，增加了农业类型分布的复杂性。个别生产水平较高的亚类，如Ⅰ₃可分布到2600米的攀天阁（毗菊）盆地中部，少数生产水平较低的亚类分布在低海拔的澜沧江谷坡（1900—2200米）。永春河谷地形变化较大，具有Ⅰ₁至Ⅲ₂所有亚类。在范围不太大的腊八底（腊弄）盆地，具有盆中Ⅰ₃和盆周Ⅱ₁、Ⅱ₂、Ⅲ₂多种类型。虽然如此，仍具有内在变化规律可循。

从河谷至山顶，农业类型大致依次以农为主类型（稻麦两熟亚类→玉稻麦两熟亚类→玉稻麦一熟亚类）→林、农类型（玉米稻两熟亚类→玉米稻一熟亚类）→林、农、牧类型（玉杂麦两熟亚类→杂玉米一熟亚类）顺序过渡。随着海拔高度的上升而出现以下变化：

（1）人平耕地由Ⅰ₁的1.45亩增至Ⅲ₂的3.6亩，旱地比重升高；水田比重由Ⅰ₁的63%减至Ⅲ₂的1%（如表37—1）。森林植被，分别由海拔2800米以下的云南松林、海拔2,200米以下暖热河谷灌丛草地，逐步过渡到3000米一带亚高山云冷杉林、林间草甸草场。

表37—1 云岭中部农业类型作物结构垂直差异表

项目 类型	耕地 %	人平耕地 (亩)	占耕地%		总播面 %	占总播面%				复种指数 %
			水田	旱地		玉米	水稻	小麦	杂粮	
全区	100	2.16	39	61	100	32	10	20	38	139
Ⅰ ₁	12	1.45	63	37	14	23	36	32	9	157
Ⅰ ₂	17	1.91	14	86	20	37	9	23	31	162
Ⅰ ₃	12	2.77	8	92	10	38	8	26	28	106
Ⅱ ₁	31	2.31	9	91	32	35	6	17	42	142
Ⅱ ₂	16	2.66	8	92	13	38	5	19	38	119
Ⅲ ₁	8	2.32	6	94	8	30	4	14	52	134
Ⅲ ₂	4	3.60	1	99	3	14	1	12	73	92

(2) 主要作物玉米、杂粮在作物中比重, 除Ⅱ类玉米受热量条件限制下降外, 均处在上升的趋势, 尤以杂粮上升幅度最大。水稻、小麦比重趋于下降。其中以Ⅰ₁至Ⅰ₂水稻下降最显著(如表37—1);

(3) 在各类型中黄牛比重随海拔升高而递增, 水牛则递减, 山羊在羊合计中的比重, 由低处往高处递减; 绵羊, 则反之(如表37—2)。

表37—2 云岭中部农业类型牲畜比重垂直变化表

项 目 类 型	牲畜折合 头%	人平牲畜	占 牛 合 计 %		占 羊 合 计 %	
			黄牛	水 牛	绵 羊	山 羊
全 区	100	3.05	96	4	43	57
Ⅰ ₁	17	2.84	69	31	26	74
Ⅰ ₂	15	3.14	97	3	39	61
Ⅰ ₃	10	2.97	98	2	35	65
Ⅱ ₁	31	3.16	99	1	43	57
Ⅱ ₂	15	3.46	99	1	53	47
Ⅲ ₁	7	2.93	100	0	56	44
Ⅲ ₂	3	4.12	99	1	75	25

(4) 各类型的生产水平包括粮食耕地平均单产以及主要作物单产, 均由低海拔往高海拔逐渐递减(如表37—3)。

表37—3 云岭中部农业类型生产水平垂直差异表

产量单位: 斤

项 目 类 型	海拔高度 (米)	粮食总产 %	粮食耕地 单 产	玉米单产	水稻单产	小麦单产	杂粮单产
全 区	1670—3836	100	338	320	450	238	108
Ⅰ ₁	1870—2300	27	773	452	576	449	402
Ⅰ ₂	2000—2400	22	445	418	349	300	222
Ⅰ ₃	2200—2500	12	300	432	286	204	160
Ⅱ ₁	2100—2500	23	247	239	364	131	113
Ⅱ ₂	2400—2600	11	247	265	320	107	188
Ⅲ ₁	2400—2800	4	171	180	295	100	110
Ⅲ ₂	2800—3400	1	119	279	206	119	102

第二, 根据主要作物占总播种面积比重的大小和自然条件的适宜性, 可划分为下列四个层次的作物带或作物较适宜区域: ①稻、麦种植带(海拔1870—2300米); ②玉、

麦种植带（海拔2000—2500米）；③玉、杂种植带（海拔2100—2600米）；④杂粮带（海拔2400—3400米）。

第三，本区地处西南季风、太平洋季风气流和青藏高原西风环流交汇带，特别以西南季风影响最大，坡向对农业类型的垂直分布影响较大。西坡迎向西南季风气流，降水较多，气温偏低；东坡因云岭山体屏障作用，降水较少，气温偏高，生产水平明显高于西坡（如表37—4）。东坡Ⅰ类生产队个数占全区的该类个数62%，占该坡总队数74%；而西

表37—4 云岭中部东西坡农业类型生产队数统计表

坡向 类型	全 区	东坡(个)	占东坡 总计%	占东西坡 该类%	西坡(个)	占西坡 总计%	占东西坡 该类%
I	172	106	74	62	66	23	38
I 1	49	39	28		10	3	
I 2	84	41	29		43	15	
I 3	39	26	18		13	5	
II	201	31	22	15	170	60	85
II 1	142	22	15		120	42	
II 2	59	9	6		50	18	
III	54	6	4	11	48	17	89
III 1	38	2	1		36	13	
III 2	16	4	3		12	4	
总 计	427	143			284		

坡，以Ⅱ、Ⅲ类生产队居多，分别占全区该类生产队数85%、89%。也正因为东坡热量条件较好，加上地形起伏比较和缓，除了Ⅰ₁亚类受古渡河露西至盖舍林段峡谷地形影响，分布高度较低外，其余农业类型分布海拔高度一般高出西坡100—200米左右，显示出农业类型垂直带谱结构不对称性（见图37—2）。也说明，在一定程度上，农业类型垂直变化中，打上了水平（经向）地带性的烙印。

四、问题讨论和建议

在认识农业垂直分异条件、特点的基础上，就自然资源合理利用，农业垂直布局某些方面，提出下列问题和建议，以共同讨论。

（1）云岭中部是农业垂直差异比较显著地区。发挥农业经济效益，提高农业劳动效率，必须按照农业类型垂直分异规律，农业部门特点和各种作物生境要求，正确安排“立体”农业布局。同时，还必须突破现有自给自足小农经济方式束缚，按需要和可能，把粗放的农业经营改变为集约经营方式，把各农业部门或项目逐步集中到自然、经

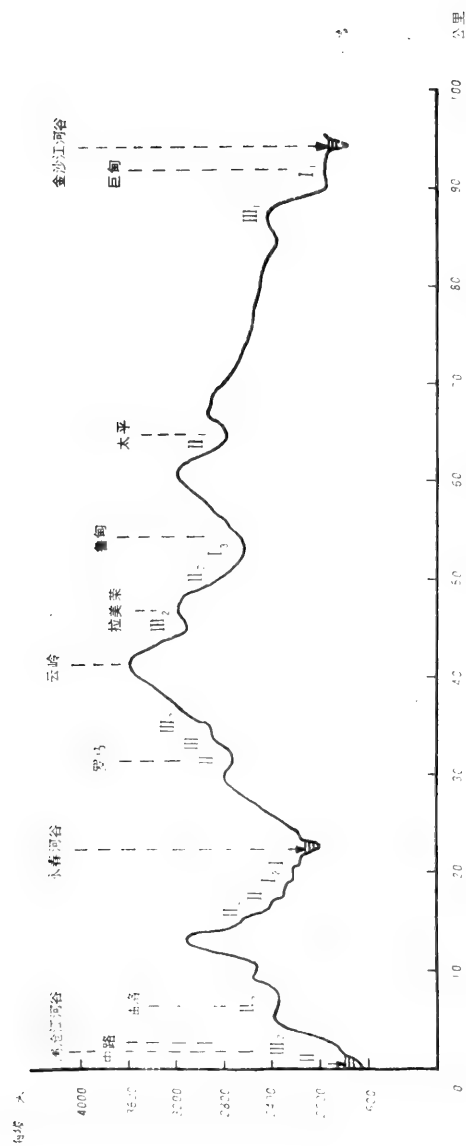


图37—2 云岭中部农业类型垂直变化横剖面图

济条件最有利的区域，这是山区农业现代化方向之一。在作物相对集中区域，重点经营一种或几种农产品，以利发挥当地自然资源和自然条件优势，取得较好的经济效益。如在半山区、高山区发展玉米和杂粮的同时，利用高山有利药材生产的气候条件，建立相对集中的药材基地。近年来，地处海拔2800—2900米的拉美荣2队，大力发展药材生产，仅当归、人参、贝母三项收入达3.1万元，成为林、农、牧并举、药材占特殊地位的农业类型。这里不仅气候适宜，且有丰富的土地资源（约有一半尚未开垦），可建成高山药材基地。在低海拔的稻麦类型中，除重点发展粮食外，核桃、生漆和板栗等木本粮油生产也有相当基础，尤其核桃含油率较高。但目前布局分散，应集中到条件更适宜区域，提高商品率。

（2）本区耕地主要局限在少数河谷、盆地，其发展受到一定限制。但从自然条件看，广大的山地、森林、草场的资源丰富，是区内农业自然资源的优势。发展林、牧业生产具有潜力。尤其在山高谷深条件下，生态环境特别脆弱，也只有保护好森林、发展林业，才能创造良好的生态环境，保障河谷、盆地及其下游地区农业增产。然而，当前主要从事以粮为主的耕作业活动，普遍存在重粮、轻林牧思想。毁林、陡坡开垦严重，以致农业生境恶性循环，生产水平低。当然，粮食是农业基础的基础，但解决粮食问题是多方面的。历史上，山区主要靠提供森林及其副产品，换取当地所需粮食。也可以大力发展畜产品，改变食物构成，弥补粮食不足部分。同时，正因为地理环境的复杂性，有它发展多种经营的有利方面，是多种经营的天然基地。如鲁甸等地发展粮食生产的同时，积极发展药材生产，以此作为解决农药、化肥主要的资金来源，促进农业全面增产，取得很好的效果。从长远看，只有逐步转向以林为主、多种经营轨道，才能充分合理利用自然资源，发挥土地生产力，改变山区农业面貌。

（3）农业类型是随着生产发展而发展的。目前，类型形成的自然因素难以大面积改变，但水利、劳力等各种社会经济条件是可改变的。随着这些条件的改善，可促使一些类型由低级转化为高级类型。如红顶1队水田比重达80%，但因水利等条件跟不上，水稻只占总播种面积的13.7%，有相当部分水田改种玉米等旱作，玉米比重达40.4%。这类地区只要改善水利条件，便可发展为稻麦两熟亚类。又因冬春干旱，影响小麦等小春生产。如攀天阁盆地，因春旱和地下水位高，影响小麦等小春作物生产，均为冬闲田。若能增种短期绿肥、胡蚕豆等作物，不仅改良土质、提高地力，而且可以变一熟为两熟。

（4）目前，全区人平耕地可达2亩，但旱地居多，其中轮歇地又占一定比重，一般坡度大，固定耕地少，耕地质量差。大部地区采取刀耕火种、广种薄收的掠夺性经营方式，导致耕地过度利用。其中部分是毁林、陡坡开荒，破坏了天然的森林植被，是引起森林资源消退和水土流失重要原因之一。为了恢复地力，当地采取轮歇的原始养地方式。但从根本上看，只有退耕还林或改种牧草，才能提高土地生产能力，有效地利用自然资源。林地中以东坡保存较好，西坡因人类经济活动频繁，加上重采轻造，天然林少，次生的云南松林居多。天然林遭受破坏，森林复被率低，是加剧低热河谷干旱程度的原因之一。这些地区保护森林、发展林业，显得更加重要。

（5）区内降水较多，加上森林涵养水分，“山高水高”，水利资源丰富。但河谷、

盆地冲沟切割较深，具有田高水低特点，给水利建设带来一定困难。目前，大部地区水资源多流入大江河，利用极不充分。水利是农业发展重要条件，尤其是低热（干热）河谷农业发展的关键。如中路等地水稻、玉米扬花期，因干旱缺水，1979年减产30%左右。但只要根据当地地形特点，因势利导，结合电力开发，便可把水资源充分利用起来。如永春河谷，耕地集中，可利用东南—西北倾斜地势，在上游拖枝（海拔2400米）适宜地点开凿环山沟渠，顺坡引灌一、二级台地，把部分旱地改为水田。喷灌是山地水利建设重要方向。近年，拉课1队积极发展喷灌，把山溪水资源充分利用起来，在解决旱坡地农作物需水方面，取得一定成效。

A PRELIMINARY STUDY ON THE VERTICAL CHANGE OF AGRICULTURAL TYPES IN THE CENTRAL PART OF THE YUNLING MOUNTAIN

Zhu Guojin

(Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica)

(Abstract)

The Yunling Mountain is located at the central part of Hengduan Mountain range. Owing to the complicated topographic conditions the natural basis the vertical differentiation of agriculture is distinct. According to the corresponding relationship between temperature and the latitude, from valley to the high mountains three climatic belts can be found, namely the mountain subtropic belt, mountain warm temperate belt and the mountain cold temperate belt. In these different climatic belts have formed the following agricultural sectors, crop textures and agricultural types with different cropping systems: predominant agriculture types (rice and wheat two crops subtype→maize, rice and wheat two crops subtype→maize, rice and wheat one crop subtype) forestry and agriculture type (maize, wheat and rice two crops subtype→maize, wheat rice one crop subtype)→forestry, agriculture and animal husbandry type (maize, coarse grains and wheat two crops subtype→coarse grains, maize and wheat one crop subtype). with increasing altitude, The productivity of cultivated land, as well as the proportion of buffalo and goats decrease but the proportion of cattle and sheep increases.

Relief also influences on the land use types. Cultivated land is mainly located in the valleys and basins below 2800m above sea level. The rest parts of mountains are occupied by forest and grassland. In addition, the direction of slopes greatly affects the vertical distribution of agricultural types. Because the eastfacing slope is drier than the westfacing slope, the distribution of the same agricultural types on the eastfacing slope is about 100-200 higher in altitude than on the westfacing slope.

38. 云南省丽江县土地类型及其农业利用评价*

李明森

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

一、土地形成的自然地理背景

丽江纳西族自治县位于云南省西北部,约东经 $99^{\circ}23'$ — $100^{\circ}32'$,北纬 $26^{\circ}34'$ — $27^{\circ}46'$,面积6242平方公里。县东、北、西分别以金沙江及云岭山脉同永胜、宁蒗、中甸、维西、兰坪等县接壤(东北角有一部分跟四川省木里县相邻),县南则以高原宽谷或盆地跟剑川、鹤庆两县邻接。在地貌上,正处青藏高原东南边缘,横断山地向滇中高原过渡地段。那里原为滇西大地槽一部分,中生代燕山运动时褶皱隆起成陆。其后经长期剥蚀夷平作用,至中新世成为准平原;在上新世至更新世初期又发生大规模隆起,准平原被抬高(即现今高原面)。因不等量的差异性上升或挠升,县境内高原面海拔高度分别为2600—2800米,3200米和4000米。同时,承继性的断裂活动又形成以玉龙山为代表的块断高山及丽江坝、拉市坝等断陷盆地。前者海拔可达5596米(如玉龙山主峰扇子陡),并发育有我国境内分布纬度最低的现代冰川,冰舌末端海拔4500米左右。第四纪冰川活动不仅形成诸如冰斗、角峰等冰蚀地形,还以大量古冰碛与冰水沉积物参与河流冲积物、残积与坡积物等一起构成本县土地形成的物质基础。

由于第四纪以来新构造运动及河流侵蚀下切作用强烈,高原面被分割成山顶面形态,而谷地则多呈深切峡谷之势。海拔1220—1900米之间的过境河流金沙江,河面跟两侧山顶之高差多在2000—3000米左右,形势甚险。特别是举世闻名的虎跳涧峡谷,长仅12公里,落差达170米,水势湍急,岸壁危立,成为天险。但金沙江若干宽谷段(如巨甸、石鼓和大具等)仍有3—5级冲积、洪积阶地或剥蚀台地,它们跟河面的高差自10米至数百米不等,目前多遭不同程度垦殖,跟丽江坝等均为本县主要农耕地域。

境内地层露头主要有前寒武纪结晶岩(云母片岩和石英片岩),泥盆、石炭纪的大雪山灰岩与部分变质的大理岩,上石炭、二叠纪的灰岩与玄武岩;三叠、侏罗纪的灰岩与砂页岩,第三纪钙质胶结的角砾岩及上新统的湖相沉积等。这些岩性多样的较老地层加上第四纪各种成因类型的沉积物致使境内地面组成物质十分复杂。而广泛分布的石灰岩不仅为山地顶部裸露的石灰岩尖脊、峭峰和岩崖以及落水洞、石芽等岩溶地貌的发育提供物质基础。在海拔3300米以下石灰岩地区,还普遍存在较深厚的红色古风化壳,从而影响着境内地表组成物质的岩性与机械组成,以及地表径流与地下水的化学特性及近

*本文是在1981年7月间中国科学院青藏高原综合科学考察队在丽江县进行“1:20万卫星相片遥感综合系列制图试点工作”的基础上写成的。

近东南向

金沙江宽谷 (龙华段) → 玉龙山 → 丽江盆地 → 分割山顶面 (残余高原面) → 金沙江峡谷 (金江段)

6000
5000
4000
3000
2000

(米) 垂直分带

不宜农林牧业的高寒地域	
只能部分放牧的地域	
适宜农林牧业的地域	宽谷盆地内的平地与部分缓坡地适宜种植业 (海拔2500米以下可植水稻); 大部分山坡地适宜植树造林 (水源涵养林、风景林、用材林、经济林、果树、薪炭林等); 林间草地、田间草地与干燥灌草坡适宜零星放牧。

永久冰雪带
流石滩植被—寒冻土带
杜鹃灌丛草甸—亚高山灌丛草甸土与草甸土带
冷杉林—暗棕壤带
云南松林—棕壤带
云南松林—红棕壤带
云南松、常绿阔叶林—红壤带
疏林灌草—褐红壤带
有刺灌丛禾草—燥红土带

图38—1 丽江市自然地域与土地利用的垂直差异示意图

代土壤形成过程与土壤的理化属性。

丽江县属于亚热带气候，但境内各处的水热条件和农业生产特点随山川形势及海拔高度而异，垂直变化明显。通常在石鼓、丽江县城等海拔约2000—2500米的宽谷平坝地区，年均温在11℃以上，最冷月均温超过5℃，最热月均温不超过20℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温达3000℃以上，无霜期200多天。因此四季如春，农作物一年两熟（指水田的小麦—稻—蚕豆或豌豆—玉米—小麦；旱地则多为一年一熟，主种玉米）。这里一般年降水量约800—900毫米，但干湿季分明，约80%以上的雨量集中在6—9月间，冬春少雨。然而海拔2000米左右以下的谷地内，热量虽然丰富，但雨水却趋减，特别是处于玉龙山北及东麓雨影地带的金沙江峡谷段，生态环境尤显燥热，较适于生长亚热带经济林果（核桃、芭蕉、木瓜、柑桔等）。相反，海拔3000米以上地域热量剧减，农业生产不稳定，以林为主；至4000米，年均温趋0℃以下，已无农林活动，只能放牧；而4500米以上则终年寒冻，无任何生产活动。因此，跟气候垂直变化相适应，本县垂直自然带谱以宽谷平坝地区的地带性的常绿阔叶林、云南松林与红壤所代表的自然景观作为基带，往上依次为（以玉龙山为例）云南松林—红棕壤带（海拔2600或2400—3100米），云冷杉暗针叶林—棕壤、暗棕壤带（海拔3100—3900米左右的林线），杜鹃灌丛草甸—亚高山灌丛草甸土与草甸土带（林线—4300米），流石滩植被—寒冻土带（海拔4300—4500米）及永冻积雪带（海拔4500米以上）。至于海拔2000或2200米以下的谷地多属疏林灌草—褐红壤带，仅该县东南低于1500米的低谷属灌草—燥红土带。

综上述，本县为较年青的地质、地貌发育史、复杂多样的地势结构与地表组成物质，以及垂直地带分异明显的生物气候等，诸因素共同影响和决定着境内土地类型的独特多样性，及其在空间分布与组合结构上的地域性和垂直地带性（如图38—1）。

二、土地类型的划分

根据丽江县境内各种各样土地和由多种自然因素（地质、地形、气候、水文、植被和土壤等），相互密切关联的自然综合体的发生特点及其地域分异规律，我们遵循综合分析与主导因素相结合、科学性与生产实践相结合等原则将所有土地类型予以分级归类，并进行类型制图。从生产角度看，这样做的目的是想通过对土地的基本自然属性的概括与分类，为合理开发本县土地资源提供自然背景和科学依据；同时，也便于进行土地类型组合结构（即质与量的对比关系）的研究，供农业自然区划及农业生产布局时参考。

丽江县的土地类型可划分为土地类、土地亚类与土地型三级。第一级土地类是高级分类单位，乃按水热条件及与此相关关系的植物生活型、土壤主要形成过程等自然要素的垂直分异划分的，相当于山地垂直自然系列中的垂直带。实际上，土地类占据着较大的水平与垂直空间，是包含一系列较低级土地单位的复杂土地系统。各个土地类对于农林牧业的适宜性及其土地利用的总体方向即取决于这些自然特征、适宜性能与利用方向各异的低级土地单位之组合结构。土地类以地势高度⁽¹⁾结合植被型的方式命名，如“亚高

⁽¹⁾ 我们采用的地势高度分类是：高山（海拔4300米以上）、亚高山（森林上限至4300米）、中山（1000—4000米）、低山（200—1000米）、丘陵（低于200米）。

山灌丛草甸土地类”。鉴于包括丽江县在内的横断山区的中山地域垂直空间幅度大、土地垂直分异显著的特点，拟按中山上段、中段与下段之间的热量差异划分为相应的“寒温性……”、“暖温性……”、“暖热性……”三种不同的土地类。同时考虑到丽江坝等山间盆地及金沙江部分干暖河谷段在生物气候环境、土地类型的自然特征与空间组合结构，以及利用改良等方面的共性与特殊性，也拟将它们分列为“中山盆地……”及“中山干谷……”两种土地类，尽管两者并不具有垂直自然带性质。

上述处理既适应本县以至整个横断山区的地势结构特点，也便于反映土地利用与农林牧副等业生产布局结构上的地域差异。第二级土地亚类是根据土地类内受地理位置、地形高度、岩性或坡向等差异引起的生物气候次级分异，及其反映在同一植被型内不同植物群系组和同一土类系列内不同土类或土壤亚类等方面的差异来划分的，相当于山地垂直自然亚带。在组分结构上，土地亚类跟土地类一样，亦为较复杂的土地系统，只是空间范围较小些。土地亚类以植物群系组、土类或土壤亚类与地势高度三者联合命名，如“小叶杜鹃灌丛草甸—灌丛草甸土亚高山”、“云南松林—红壤中山”等。第三级土地型是土地亚类内主要以中地形为主导分异因素划分的土地类型基本单位。它反映了跟一定中等地貌形态相联系的植被、土壤及水文等因素的规律性组合。同一土地型具有相同的农林牧适宜性或自然生产潜力，以及具体的利用改良措施和经济效益。除了跟冰川、岩溶等作用有关的特殊地貌类型外，本县境内的中等地貌类型主要是冲积阶地、洪积扇地、河湖漫滩及山坡地等。通常，由于坡度、地表沉积物特性（厚度、岩性、机械组成等），水文地质条件等因素的局部差异，引起的植被、土壤以至人类利用方式等方面的差异。这样可能在同一中等地形内部划分出若干不同的土地型来。因此，土地型的种类与数量是相当多的，其命名也有多种方式。一般采用植物群系（或群丛组）—土属（或土种）—中地形联名方式，如“云南松林—厚层红壤缓坡地”；受人类影响的土地型以表明其主要利用方式为主，如“麦类耕种坡（梯）地”、“水稻耕种阶地”等；还有个别特殊命名的，如“湖滨沼泽地”、“粒雪盆地”等。限于篇幅，我们仅将丽江县境内主要的土地类与土地亚类列于下，部分土地型则表示在所附土地类型图（如图38—2）。

部分图例说明

4 寒温性中山针叶林土地类：

（3）云杉、红杉林—暗棕壤中山，（4）灌丛草甸—山地灌丛草甸土中山

5 暖温性中山针、阔叶林土地类：

（2）云南松林—棕壤中山，（4）高山栎林—棕壤中山，（6）云南松林—红棕壤中山，（8）次生灌丛禾草—生草红棕壤中山，（9）石灰岩栎林或云南松疏林灌丛—黑色石灰土中山，（10）次生针阔混交林—红棕壤中山。

6 暖热性中山针、阔叶林土地类：（1）云南松林—红壤中山，（2）次生灌丛禾草—生草红壤中山，（3）石灰岩灌丛禾草—石灰土中山。

7 中山盆地针、阔叶林土地类：（1）云南松、栎林—红棕壤盆地，（2）云南松、常绿阔叶林—红壤盆地。

8 中山干谷稀树灌草土地类：（1）云南松疏林—褐红壤干谷，（2）有刺灌丛禾草—褐红壤干谷。

土地型：t河流阶地 e湖积阶地 d洪积扇 a洪积冲积台地 f河、湖漫滩 s坡地 n冰水平原 u缓斜高原面（剥表面）c旱作 x水旱轮作 w轮休耕作

其它：L 湖泊、池塘、水库 B 沼泽

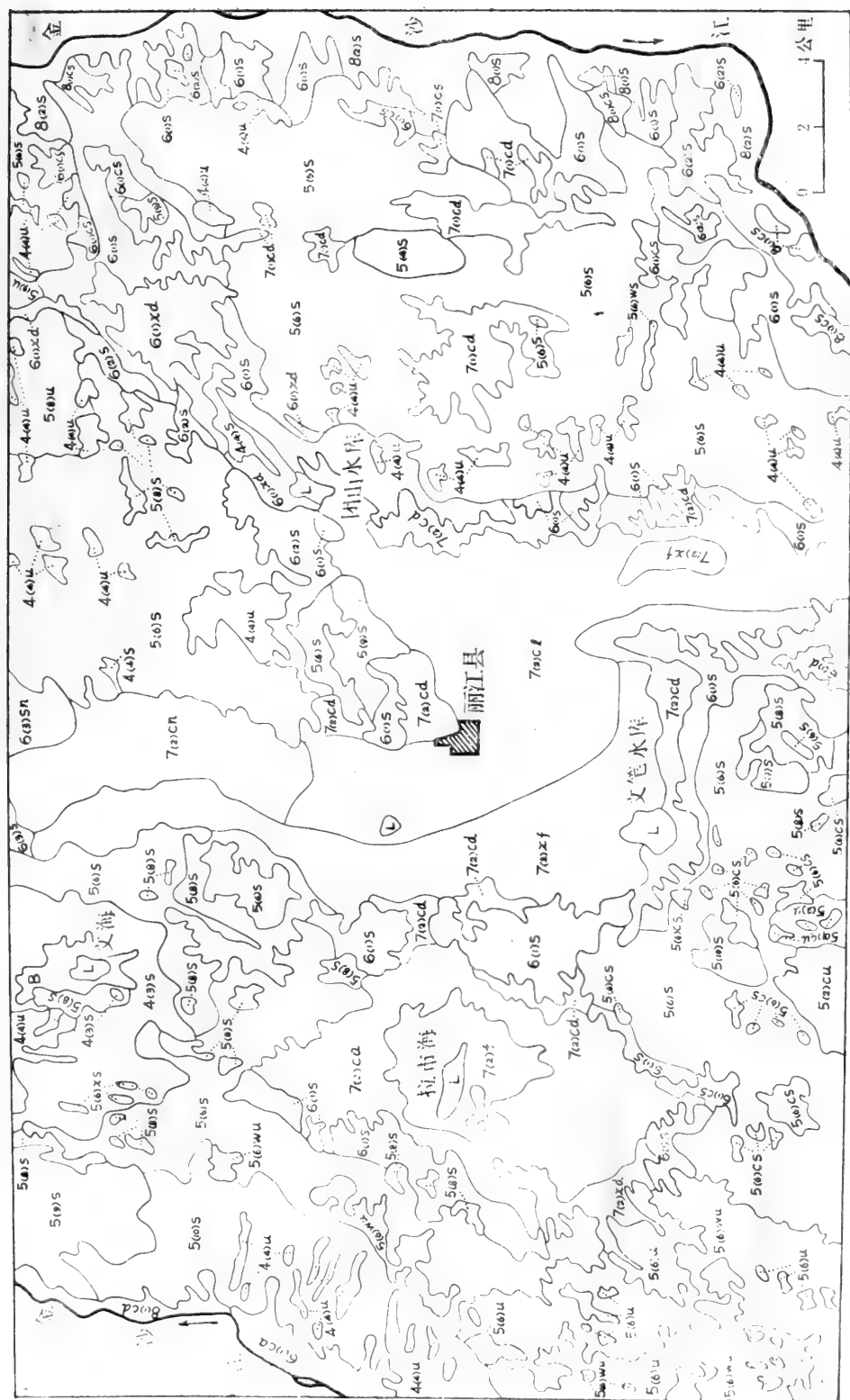


图 38—2 丽江县城附近地区土地类型图

丽江县土地类型

I 高山寒冻土地类

1. 永久冰雪高山
2. 永冻裸地高山

II 高山冰缘稀疏植被土地类

1. 流石滩稀疏植被—原始土、寒冻土高山

III 亚高山灌丛草甸土地类

1. 小叶杜鹃灌丛草甸—灌丛草甸土亚高山
2. 绒叶杜鹃灌丛草甸—灌丛草甸土亚高山
3. 嵩草杂类草草甸—草甸土亚高山

IV 寒温性中山针叶林土地类

1. 冷杉林—暗棕壤中山
2. 云杉林—暗棕壤中山
3. 红杉林—暗棕壤中山
4. 灌丛草甸—山地灌丛草甸土中山

V 暖温性中山针、阔叶林土地类

1. 铁杉林—棕壤中山
2. 云南松林—棕壤中山
3. 华山松林—棕壤中山
4. 高山栎林—棕壤中山
5. 次生灌丛禾草—生草棕壤中山
6. 云南松林—红棕壤中山
7. 硬阔叶林—红棕壤中山
8. 次生灌丛禾草—生草红棕壤中山
9. 石灰岩栎林或云南松疏林灌丛—黑色石灰土中山
10. 次生针、阔叶混交林—红棕壤中山

VI 暖热性中山针、阔叶林土地类

1. 云南松林—红壤中山
2. 次生灌丛禾草—生草红壤中山
3. 常绿、落叶阔叶林—红壤中山
4. 石灰岩灌丛禾草—石灰土中山

VII 中山盆地针、阔叶林土地类

1. 云南松、栎林—红棕壤盆地
2. 云南松、常绿阔叶林—红壤盆地

VIII 中山干谷稀树灌草丛土地类

1. 云南松疏林—褐红壤干谷
2. 有刺灌丛禾草—褐红壤干谷
3. 有刺灌丛禾草—燥红土干谷

三、土地资源的分类与质量评价

丽江县是纳西族为主，汉、白、傈僳、彝、苗、藏、普米等多民族聚居之地，总人口不足30万。现有耕地约60万亩，不及全县土地总面积的7%；而森林覆盖率达70%以上，是云南省重点林区之一。此外，草场面积也有100万亩左右；还有核桃、漆、苹果、梨等经济林果，以及当归、天麻等著名药材。所以本县农业自然资源丰富多采，农林牧副业多种经营的潜力很大。然而，由于山地自然环境的差异，城镇和居民大多集中在交通方便、种植业发达的河谷平坝等少数地域内；广大山区村寨疏落、人口稀少，加上各民族在生活习俗、生产方式与技术水平等方面的差别，导致县内各处土地开发很不平衡，土地利用也不尽合理，特别是一些地区对于天然森林的过度采伐以及诸如毁林垦殖、刀耕火种、广种薄收等掠夺式的、粗放的经营方式，都在不同程度上损害着宝贵的土地资源以至山地生态系统的平衡。因此，为了合理开发土地资源，因地制宜的发挥本县各类土地的自然优势，在土地类型研究的基础上，根据农林牧各业的生产特点和需要，对各类土地进行适宜性分类和自然生产潜力水平的评价是十分必要和有益的。

土地作为重要的农业自然资源之一，除了人类作用这一重要因素外，它的质量，亦即对于农林牧各业的适宜性能及自然生产潜力水平乃是土地诸组成要素（气候、地形、植物、土壤、水文等）综合的反映。丽江境内山地生态环境复杂，各类土地的自然特征各异，特别是地形起伏大、气候条件的垂直变化明显，成为制约土地资源质量的重要限制因素或自然背景因素。因此首先须按水热条件组合与对比关系的垂直差异，将所有土地归类为6个土地资源带（表38—1）。各个不同的土地资源带之间反映了土地在气候因素的主导作用下，所具有的最大可能生产潜力的垂直差异，亦即土地在适宜的农作物（包括经济作物），树木（包括用材林、薪炭林与经济林果）、牧草（包括野生牧草和栽培饲草）的种类、组成、熟制、品质和产量，以及土地利用方向与改良措施等方面的垂直差异。很显然，首先考虑垂直气候差异的决定性影响，乃是山区土地资源评价的重要步骤和研究内容。只有以此为前提，才能再依据地形、植物、土壤或水文等其它土地组成要素的特点，对具体的土地块进行较详细的适宜性分类和质量等级的评定。山地内的土地资源带约相当于反映全国范围内，不同地区之间土地资源潜力对比的“自然地区”这个概念。

在每一个土地资源带内，我们根据土地对农林牧各业的最佳适宜性（或最佳利用方向）划分为宜农（C）、宜林（F）、宜牧（P）和不宜农林牧（N）四个土地资源系列。各系列内的土地或有多宜性能，或只有单宜性能，但它们的主宜性或最佳利用方向是相当的。鉴于丽江县受地形与气候限制，耕地较缺的实际情况，在合理利用与保护土地资源、不损害当地或邻近地区的生态环境的前提下，尽量把较为适宜农耕的多宜性土地归入于宜农土地系列。考虑到当地的社会历史与土地利用现状，现有那些坡度较大或土壤瘠薄的耕地内，除了部分必须退耕还林还牧外，一般仍应归属于宜农土地系列。丽江县境内的四个土地资源系列分述如下。

C宜农土地系列：该土地在气候、地形、土壤及灌溉条件等方面都不同程度地适宜

表38—1 丽江县土地资源带的水热条件及其主要适宜性

土地资源带	相应的土地类型	年均温℃	霜期(天)	≥10℃积温	年降水量(毫米)	种植业	畜牧业	林业
I、寒冻高山土地带	I、高山寒冻土地类 II、高山冰缘稀疏植被土地类	<0	>300	<300	<600	不宜	不宜	不宜
II、寒凉半湿润高山土地带	II、亚高山灌丛、草甸土地类	0—2.5	300左右	500—1000	600—700	不宜	适宜绵羊	不宜
III、温凉湿润中山土地带	III、寒温性中山针叶林土地类	2.5—7.5	250—300	1000—2300	700—900	虽有一年一熟的青稞、小麦、洋芋等种植业，但不稳定	适宜牛、绵羊	适宜冷杉、云杉等树种的水源涵养林，风景林和用材林
IV、温暖湿润、半湿润中山土地带	IV、暖温性中山针、阔叶林土地类 V、云南松、栎林—红棕壤中山盆地亚类	7.0—10.0	170—250	2300—3200	900左右	适宜一年一熟的荞麦、洋芋、燕麦、小麦等	适宜牛、马等	适宜云南松、铁杉及阔叶杂木林等用材林风景林和风景林
V、暖热湿润、半湿润中山土地带	V、暖热性中山针、阔叶林土地类 VI、云南松、常绿阔叶林—红壤中山盆地亚类	10.0—15.5 120—170	10.0—15.5 120—170	3200—4300	800—900	适宜一年二熟或二年三熟的水稻、小麦、玉米、豌豆、油菜等	适宜牛、马等	适宜云南松与部分常绿阔叶树种的用材林、薪炭林和风景林及核桃、苹果、梨等经济林木与果树
VI、暖热半干旱河谷土地带	VI、中山干谷灌丛草原土地类	>15.0	<130	>4200	<800	适宜一年二熟，局部一年三熟的水稻、小麦、玉米等	适宜山羊、牛等	亚热带及部分热带经济林木和芭蕉、木瓜、柑桔等

*气候指标系根据县气象站资料推算，仅供参考。

发展种植业，是当地主要的耕地或垦荒对象。在正常利用下不会导致环境与土地资源本身的破坏或退化。它们多分布于河谷盆地中的阶地、洪积扇及缓坡上，通常也都适于林牧业利用。

F宜林土地系列：该土地的气候条件虽适于农林牧各业，但受地形、土壤或灌溉等因素的严格限制，不适宜种植业而最适宜林业（指用材林、薪炭林与部分经济林果），部分尚可适宜牧业利用。本县广大的山坡地（包括有林地与宜林荒山）多属于该系列。

P宜牧土地系列：土地主要受水热因素的严格限制而不适宜种植业和林业，只宜牧业利用。这多指县内高寒山地和干燥谷坡地，此外，部分湖滨低湿地和土壤瘠薄多砾或呈较强碱性反应的山坡地及洪积扇地等也属此系列。

N不宜农林牧的土地系列：在气候、地形或土壤等因素的严格限制下暂不能用于农林牧业生产的土地，如高山寒冻土地、基岩露头、峭壁、岩屑或沙砾堆积等。

由于相当数量土地具有多宜性能，除了表明它们的主宜性及其主要利用方向外，尚应反映它们全部适宜性以供土地利用规划时有可能考虑选择土地次要的较佳利用方向。因此，在土地系列内还须根据土地的适宜性广度划分为若干土地资源组。例如，丽江县的宜农土地系列中可分出两组：C_{fp}—主要适宜种植业的宜农宜林宜牧土地组（如大部分现有耕地与部分宜垦荒地）和C_p—主要适宜种植业的宜农宜牧土地组（如部分低湿稻田和轮歇田）；宜林土地系列中有F_p—主要适宜林业的宜林宜牧土地组（如大部分山坡地）和F—只能宜林的土地组（如分水岭脊上的水源涵养林地）；宜牧土地系列中则有P_f—主要适宜牧业的宜牧宜林（薪炭林）土地组（如部分砾质洪积扇地）和P—只能宜牧的土地组（如亚高山灌丛草甸与干旱河谷内的部分灌草坡）等等。

上述诸土地资源组的划分主要考虑土地的适宜性能，但在实践中，还常常须要考虑某些土地在其限制性因素经人工改良得以消除或减轻后获得的潜在适宜性能。所以评价土地资源质量时，既要考虑土地对于农林牧业的适宜性，也要考虑那些影响或决定这种适宜性与适宜程度的限制性因素的作用强度及其改良难易程度。由此方能评定土地利用方向、改造措施及其生产潜力上的等级差别。为此，我们在土地资源组内，按其对于农林牧业的适宜程度或限制性因素的强度划分成若干土地资源型。属于同一土地资源型的土地不仅适宜性相同，而且在某个或数个限制性因素作用下，它们的适宜程度与生产潜力也较一致。

由于农林牧业生产特点各异，土地资源型须按农林牧三方面各自的质量鉴定内容（即限制性因素）与数量指标来分别评定等级。鉴定内容主要有地面坡度、土层厚度、土壤肥力、砾石含量和水文条件等项；在林牧方面还注重于植物种类（树种及牧草种类）、品质与生物产量（木材蓄积量及产草量）等项内容。各项鉴定内容的数量分级指标以及它们对于农林牧各业的适宜程度（分1、2、3……级）见表38—2、38—3。根据各项鉴定指标，宜农质量最好的一等地应是表38—2中各项皆属1级的土地。它们地形平坦，土、肥、水等条件都好，无甚限制，正常耕作管理下能稳定地获得好收成；若是未垦荒地，则不需改造或略加改良，即可垦植，并在正常利用下不会产生土地退化或环境

表38—2

宜农（部分宜林）土地资源质量鉴定分级指标

地面坡度	宜农	宜林	表土砾石含量(>3毫米的石块占土体%)	宜农	水源条件	宜农
1.平、缓坡 <5°	1级	1级	1.少砾 <20	1级	1.丰足	1级
2.缓斜坡 5°—15°	2级	1级	2.中砾 20—30	2级	2.稍感不足	2级
3.斜坡 15°—25°	3级	1级	3.多砾 30—50	3级	3.严重缺乏	3级
4.陡坡 25°—35°	不宜	2级	4.砾质 >50	不宜		
5.险坡 >35°	不宜	3级				
土层厚度(厘米)	宜农	宜林	表土养分含量(有机质%)	宜农	排水条件	宜农
1.深厚 >60	1级	1级	1.高肥 >4.0	1级	1.良好	1级
2.厚层 40—60	2级	1级	2.中肥 2.0—4.0	2级	2.中等	2级
3.中层 20—40	3级	2级	3.低肥 <2.0	3级	3.困难	3级
4.薄层 <20	不宜	3级				

表38—3

宜林宜牧土地资源质量的分级指标

木材蓄积量(米 ³ /公顷)		宜	林
云杉、冷杉	云南松		
1. >800	1. >200	1	级
2. 400—800	2. 100—200	2	级
3. <400	3. <100	3	级
鲜草产量(斤/亩)	牧草质量	宜牧	
1. >200	1.优良牧草>60%	1	级
2. 100—200	2.中等牧草>60%	2	级
3. <100	3.低劣牧草>60%	3	级

部分图例说明

- 3 温凉半湿润亚高山土地带
P_f主要适宜牧，也宜林（云、冷杉）的土地组
P只宜牧的土地组
- 4 温暖湿润、半湿润中山土地带
C_{pf}主要宜农（一年一熟麦类、洋芋）也宜林牧的土地组
F_p主要宜林（云南松、高山栎）也宜牧的土地组
P_f主要宜牧，也宜林的土地组
P_c主要宜牧，也宜农（不稳定，季节性耕作）的土地组
- 5 暖热湿润、半湿润中山土地带

C_{pf} 主要宜农（一年二熟或二年三熟稻、麦等）也宜林牧的土地组

F_p 主要宜林（云南松，部分常绿阔叶树种与核桃、苹果等）也宜牧的土地组

P_f 主要宜牧、也宜林的土地组

P 只宜牧的土地组

N 不宜利用的土地组

6 暖热半干旱河谷土地带

C_{pf} 主要宜农（一年二熟或三熟稻、麦等）也宜林牧的土地组

F_p 主要宜林（云南松及芭蕉、柑桔、核桃等）也宜牧的土地组

P_f 主要宜牧也宜林的土地组

恶化的不良后果。若有一项指标为 2 级，就属宜农质量中等的土地；有一项指标为 3 级，则降为宜农质量差的土地。但凡有一项指标为 4 级，即坡度大于 25 度，或者土层厚度不足 20 厘米，或者表土砾石含量超过 50%，土地不宜农，并考虑以林牧方面的鉴定指标来评定土地宜林或宜牧的质量等级。由于林牧业对土地质量的要求不如农业严格，除了部分还须考虑坡度或土壤因素外，主要依据它们的生物学指标（表 38—3）来划分为好、中、差三个等级的宜林地与宜牧地。

实际上，上述土地资源型的质量评级主要是以土地类型低级分类单位（土地型）为具体对象的，对土地型进行农林牧利用评价的结果提供了划分土地资源型的基础。所以每一种土地资源型常常包括一种或数种土地型。例如，在暖热湿润、半湿润中山土地资源带的宜农土地系列内， Cfp 土地组的宜农质量好、宜林宜牧质量亦好的土地资源型（ $C1f1p1$ ）约包括以下几种土地型：厚层红壤麦类耕种阶地、水稻耕种阶地与水稻耕种平缓坡（梯）地。而宜农质量中等、宜林宜牧质量好的土地资源型则包括中层红壤麦类耕种阶地、中层红壤麦类耕种缓斜坡地、水稻耕种缓斜坡（梯）地和云南松林一中至厚层红壤缓斜坡地等。可见，土地类型的研究是土地资源评价的重要基础和手段，两者关系十分密切。图 38—3 即是以根据由 1/330 万放大成 1/20 万的假彩色卫片和 1/5 万至 1/10 万地形图，以及野外路线调查时获得的有关各种植被、森林及土壤的分布规律与土地利用现状等资料，编制的丽江县土地类型图（图 38—2）为基础，按照前述土地资源分类和质量评价方案，并参照坡度图编制成的丽江县土地资源图片断。但是，象丽江县这样一个地形与生物气候条件复杂多变的山地，在缺乏较大比例尺的详尽的野外实地调查和相应精度的各种土地组成要素图等，充实可靠的基础资料的情况下，我们试编的中比例尺土地资源图就很难确切地表明各类土地资源的质量等级，而暂以反映土地资源的适宜性为主要内容。因此，它们仅能提供有关丽江县各类土地资源的合理利用方向和该县农林牧生产结构布局方面的自然背景材料。当然，它们对于今后大比例尺土地评价与制图仍具有一定指导意义。

TYPES AND ASSESSMENT OF LAND IN LIJIANG COUNTY OF YUNNAN PROVINCE

Li Mingsen

(Commission for Integrated Survey of Natural Resources,
Academia Sinica)

ABSTRACT

Lijiang county is situated in northwest of Yunnan province. It is the southeast part of Qinghai-Xizang plateau and also is the transitional region between Hengduan mountains and central Yunnan plateau, where the topographic texture and the bioclimatic environments are very complicate with evident vertical zonality.

Based upon vertical differentiation of hydrothermal conditions as well as the differentiation of vegetations and soils, 8 land groups and 29 land sub-groups were classified. It can be further subdivided mainly according to moderate topography into land forms.

On the assessment of land types, the notable impact of climate factors on the production of agriculture animal husbandry and forestry in this region were considered consequently. 6 land resource belts which reflect the vertical differentiations were divided, then 4 series were subdivided according to their suitabilities namely, the land suitable for agriculture (C), the land suitable for forestry (F), the land suitable for animal husbandry (P) and the land of unavailable. Within each series, they still can be divided into land resource groups according to their multiple suitabilities, such as the land suitable for agriculture, forestry and husbandry (Cpf), the land suitable for forestry and husbandry (Fp, Pf) and the land only suitable for forestry (F) or only suitable for husbandry (P). Finally, land resource forms were further divided into land forms according to the grades of suitability for agriculture, animal husbandry and forestry.

Although land forms may have different physical features, but they have the general characters in the direction of land use, potentiality of physical productivity and economical effects. It is evidently, an exhaustive study of land type is the important foundation of land resource assessment.

39. 丽江县坝区马的发展与最优畜种结构的研究

黄文秀 王吉秋 冷允法 郭爱朴

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

李正合

(西南农学院)

一、丽江马发展中的问题

滇西北广大地区历来就是我国重要的养马基地，所产的丽江马是我国久已闻名的优良品种，是一个在当地自然条件和社会经济条件影响下，经过长期自然选择和人工选育而形成的山地生态型品种。对滇西北复杂的自然条件有着良好的适应性，生产性能稳定。在当地农牧业生产和山区交通运输方面，以及国防建设中都有重要意义。另外每年有大量马匹输出省外，有力地支援了其他省区养马事业的发展。丽江马的中心产区是丽

表39—1 考察地区马匹数量分布表 (%)

地 区	当地马匹数占 全考察地区的%	地 区	当地马匹数占 全考察地区的%
滇西北考察地区总数	100.00	鹤庆县	6.68
下关市	0.79	丽江县	12.47
大理县	5.99	华坪县	1.91
漾濞县	1.81	宁蒗县	10.62
祥云县	3.11	碧江县	4.65
宾川县	4.60	福贡县	0.01
弥渡县	3.77	贡山县	0.20
南涧县	1.40	泸水县	1.27
巍山县	8.56	兰坪县	3.14
永平县	3.45	中甸县	6.80
洱源县	7.93	德钦县	0.66
云龙县	2.60	维西县	2.06
剑川县	3.68	永胜县	6.46

表39—3 丽江坝区典型大队1980年家畜数量为1970年的倍数表

大队编号	家畜总数	大畜总数	马	大队编号	家畜总数	大畜总数	马
1	1.09	0.80	0.70	10	1.12	0.78	0.38
2	1.22	0.94	0.83	11	1.05	0.95	1.09
3	1.17	0.84	0.86	12	1.13	1.31	1.02
4	1.34	0.91	0.81	13	1.30	1.03	1.01
5	1.06	0.74	0.61	14	1.17	0.91	0.92
6	1.51	1.22	1.03	15	1.18	0.94	0.89
7	1.31	1.09	0.92	16	1.27	1.00	1.16
8	1.39	1.02	1.11	17	1.42	1.01	1.10
9	1.29	0.94	0.71				

表39—4 丽江坝区典型大队畜种结构现状 (%)

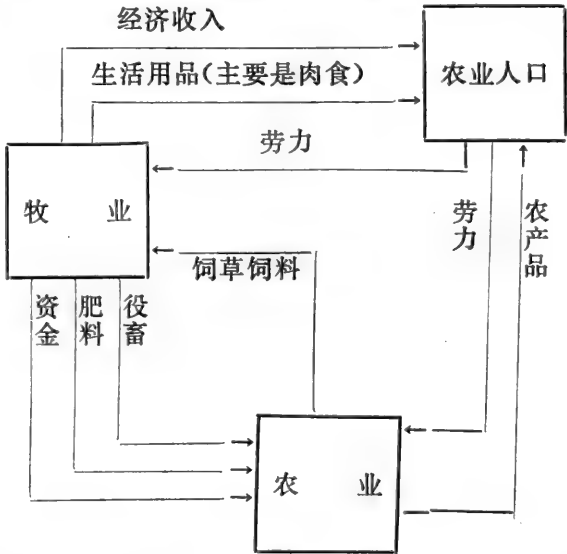
结构 大队编号	畜种	马	猪	牛	羊
1		9.51	44.60	14.68	31.21
2		10.89	58.20	14.77	16.14
3		14.50	71.92	10.38	3.20
4		10.70	76.48	7.79	5.03
5		16.07	74.30	6.59	3.04
6		13.53	73.35	6.10	6.02
7		8.00	72.63	8.13	11.24
8		14.54	66.52	5.64	13.30
9		11.58	57.24	10.03	21.15
10		1.81	26.13	3.47	68.59
11		12.25	46.58	10.31	30.86
12		10.33	64.02	13.35	12.30
13		8.40	74.10	5.50	12.00
14		7.02	76.35	6.43	10.20
15		12.58	60.94	8.11	18.37
16		10.78	49.95	12.00	27.27
17		12.55	56.51	6.70	24.24

展受着各方面因素的制约，如果要想增加马匹数量在畜种结构中的比重，势必牵动畜牧业结构的变化，影响整个农业生态系统的调整。可见一种家畜的比重在特定的时间和生态系统中是比较稳定的。目前丽江坝区马匹在畜种结构中的比重详见表39—4。

从表39—4中看出，马在畜种结构中的比重很不平衡，高者可达16%，而低者还不到2%，相差7—8倍之多。所以具体到各大队如何发展马匹数量，究竟马匹头数应在整个畜种结构中占多大比重最为合适，也就是马在畜种结构中的最优比重是多大，就是我们研究的内容。因为马匹最优比重的研究，势必涉及到其他家畜的比重，所以这一问题实质上是整个畜种结构最优化的研究。

二、应用线性规划方法研究最优畜种结构

丽江县坝区整个畜牧业的经营方式是以舍饲为主，主要营养物质基础来源于农业。农业为畜牧业提供饲草、饲料的数量，制约着整个家畜数量的发展；反过来畜牧业又为农业提供了役畜、肥料和资金等。相互关系图简括如下：



从图中分析，畜牧业的发展，既受着自身发展条件与规律的制约，又要满足整个农业发展和国民经济建设对它的要求，也就是畜牧业的发展是在保持整个农业生态系统的平衡下，与各方面因素保持密切联系中存在的。因而作为当地畜牧业生产中重要一环的马匹数量发展，当然也受整个农业生态系统中诸因素的约束。我们在分析这一关系基础上，建立数学模型，进行运算。

(一) 约束条件

约束马匹数量发展的主要条件如表39—5。

表39—5所列数字均为当地实际调查与计算所得。前三个条件是发展家畜要求的最基本条件，后两个条件是农业发展对畜牧业的主要要求。

设所求各种家畜在畜种结构中的比重分别为：马 = X_1 ，猪 = X_2 ，羊 = X_3 ，牛 = X_4 。

表39—5

约束马匹数量发展主要条件计算表

	每头家畜需 要的劳动力 (个)	每头家畜一年 所需饲料量 (斤)	每头家畜一 年需饲草量 (斤)	每头家畜一年 可提供肉量 (斤)	每头家畜一年 提供的肥料 (斤)
马(骡)	0.2	200	3500		5000
猪	0.1	400		68	3000
牛	0.3	200	5000		7500
羊	0.2	15	120	6.25	500
当地每年可供量	18617	44344575	135455000		
当地每年需要量				669235	424641000

概括上述列出约束条件的方程是：

$$0.2X_1 + 0.1X_2 + 0.02X_3 + 0.3X_4 \leq 18617$$

$$200X_1 + 400X_2 + 15X_3 + 200X_4 \leq 44344575$$

$$3500X_1 + 120X_2 + 500X_4 \leq 135455000$$

$$68X_2 + 6.25X_3 \geq 669235$$

$$5000X_1 + 3000X_2 + 500X_3 + 7500X_4 \geq 424641000$$

由于未知数是各种家畜在畜种结构中的比重(百分数),所以等号(大于或小于号)右边的数字也要除以家畜总数转换成百分数。为了简化计算,也要尽量减少未知数。所以根据实地考察,当地牛(黄牛和水牛)主要用做耕畜,以耕地面积和机械化程度的估计,算出所需牛的数量,其比重在畜种结构中占4.7%为宜,我们就以此数字为牛的最优比重,可把方程中牛的未知数 X_4 剔除而不参加整个计算,减少了一个未知量。同时各等号(大于或小于号)右边也相应减去牛的负担量或所需量。另外,将第一方程各数字扩大100倍,也是从计算方便着眼。转换和简化后的方程如下:

$$20X_1 + 10X_2 + 2X_3 \leq 798$$

$$200X_1 + 400X_2 + 15X_3 \leq 26022$$

$$3500X_1 + 120X_3 \leq 61571$$

$$68X_2 + 6.25X_3 \geq 2103$$

$$5000X_1 + 3500X_2 + 500X_3 \geq 250000$$

由于各种家畜在畜种结构中所占比重的总和为100%,上述确定牛的比重为4.7%,所以其余各种家畜的比重和就剩95.3%,在计算结构时,也应受此条件的约束。

(二) 目标函数

丽江坝区把增加马匹数量做为促进农业生产、增加社员经济收入的一项重要措施来抓,追求的主要指标是饲养马(骡)的经济收入较其他家畜都高。据考察与计算分析,当地饲养一头家畜的纯收入大约是:马200元,猪30元,羊6.25元。在满足上述约束条件的前提下,调节马、猪、羊的比重,使之获得最多经济收入,其目标函数是:

$$F 200X_1 + 30X_2 + 6.25X_3 = \text{最大值}$$

(三) 计算结果

综合上述约束条件和目标函数, 其数学模型为:
在约束条件

$$20X_1 + 10X_2 + 2X_3 \leq 798$$

$$200X_1 + 400X_2 + 15X_3 \leq 26022$$

$$3500X_1 + 120X_3 \leq 61571$$

$$68X_2 + 6.25X_3 \geq 2103$$

$$5000X_1 + 3500X_2 + 500X_3 \geq 250000$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 95.3$$

下求 $F 200X_1 + 30X_2 + 6.25X_3 = \text{最大值}$

经电子计算机计算结果为:

$$X_1 = 11.30 (\%)$$

$$X_2 = 50.50 (\%)$$

$$X_3 = 33.50 (\%)$$

三、讨 论

从上述计算结果看, 丽江县坝区马在畜种结构中的最优比重是11%(11.30%)左右, 其他家畜猪是51%(50.50%)左右, 羊是33%(33.50%)左右, 牛是5%(4.7%)左右。

如以这一马的最优比重(11%)来衡量丽江坝区各大队马匹比重的现状(表4), 其中有五个大队比较接近11%, 占总数的31%。这些大队今后马匹发展中应稳定数量, 提高质量。有四个大队(25%)目前马匹数量较少, 今后可根据各大队实际情况, 采取有效措施调节各种家畜的比重, 发展马匹数量, 提高资源的利用率, 促进生产, 提高人民生活水平。但是目前已有44%的大队, 其马匹数量较多, 比重超过了11%, 今后不宜再多发展马匹, 否则就会破坏整个农业生态系统的平衡, 影响生产的稳定发展。据考察所知, 某大队目前马匹数量比重达到13%, 近几年来由于马匹数量增加而获得的经济收益, 在积累农业资金和提高社员生活方面起了重要作用。但他们也反映, 目前本队劳力相当紧张, 而且冬季饲草也感不足, 影响着所有家畜的安全越冬。类似这样一些社队, 目前应积极提高马匹质量, 适当缩小它的比重, 以免因劳力、饲草不足而影响整个农业和其他畜种的发展, 以至最终影响马匹本身的数量和质量。

ON THE DEVELOPMENT OF HORSE AND OPTIMUM ANIMAL SPECIES STRUCTURE IN LIJIANG

Huang Wenxiu et al

Commission for Integrated Survey of Natural Resources

Academia Sinica

(Abstracts)

Lijiang horse originated in southern part of Hengduan mountains, is a famous good variety in China. It plays an important role in construction of national economics and defence. From the utilization of resources point of view, there are two problems must study for future development of Lijiang horses. First, how to take effective measures of breeding to improve the quality?(This problem was discussed in another paper.) Second, how to develop the quantity of the horses and keep them in a suitable rate in the whole structure of animal species? The second problem was discussed in this paper, that is a study of optimum structure of animal species.

Take Lijiang as an example, according to the analysis of agricultural ecosystem as a whole, this paper studies the optimum structure of animal species using linear program. we find that the optimum rate of horse in local structure of animal species is about 11%. There are only 31% brigades with optimum rate and 25% brigades with small rate in Lijiang basin. For these 25% brigades, they ought to develop the quantity of horse positively, raise the rate of horse in the full structure of animal species and increase economic benefit of animal husbandry. There are 44% brigades with high rate of horse. In order to keep the balance for agricultural ecosystem and promote the production of these brigades they must reduce the number of horse gradually.

40. 牦牛 (*Bos grunniens*)、黄牛 (*Bos taurus*) 及其杂交后代犏牛的染色体比较研究*

郭爱朴 黄文秀 王吉秋

(中国科学院自然资源综合考察委员会生物室)

李正合 (西南农学院)

前 言

我国现有牦牛一千多万头, 占世界牦牛总数的85%, 它分布在以青藏高原为中心的辽阔的高山草原上, 是唯一能充分利用高山草场自然资源的牛种, 它终年放牧不予补料, 只利用天然牧草即可向人们提供畜役、毛、肉、乳等产品。但由于分布地区自然条件差, 自然选择大于人工选择, 牦牛目前仍然是一个生产性能低劣的原始品种, 因此, 在有计划有目的地对牦牛进行品种内选育的同时, 还要积极地进行杂种改良工作。

牦牛和黄牛的种间杂种具有显著的杂交优势, 肉乳生产能力较牦牛大为提高, 这点早为我国劳动人民所认识和利用, 但因杂种公牛缺乏生育能力, 杂种母牛只能与两亲本种公牛回交繁殖, 因此杂种不育问题长期以来成为生物学中有待克服的问题。

本文研究了牦牛、黄牛及其杂交后代犏牛之间的染色体数目、形态、G带带型、C带带型及其有转录活性的核糖体RNA基因的数目与位点等方面的异同, 并从细胞遗传学角度讨论了较为有效地利用牦牛、黄牛种间杂交的途径, 为有目的地对牦牛进行杂交改良提供理论依据。

材 料 方 法

试验用黄牛5头(2♂、3♀), 来源于云南省丽江县开文二队; 牦牛3头(1♂、2♀), 犏牛3头(1♂、2♀, 为牦♂×黄♀的F₁代), 来源于丽江县大具公社雪花村。它们的体形外貌见〔照片版33—1〕。

染色体制备采用外周血淋巴细胞短期培养, 空气干燥制片。

对每种牛取一定数量的细胞, 观察染色体结构畸变类型与数目, 对其中分散良好的中期分裂相进行显微照相放大, 测量每个中期分裂相的全部60个染色体, 长度相近者配成一对, 计算每对染色体的平均相对长度、臂比和着丝点指数。

* 云南丽江兽医站给予大力支持, 程光潮同志给予热情帮助表示感谢。

G带染色：取一个月之内的制片，置37℃温箱过夜，然后将载片放入pH6.8的磷酸缓冲液中湿润，立即浸泡在0.125%胰酶（4℃）中消化10秒，再用pH6.8的磷酸缓冲液冲洗，Giemsa（pH6.8，1:25）染色30分钟。每种牛拍照5个中期分裂相进行带型分析。

C带染色：按修改的Arrighi，Hsu等人[7]的方法进行，每种牛拍照7—10个中期分裂相，放大、剪贴进行带型分析。

核仁组织区银染色（Ag—NORs）：按Goodpasture等人[8]的方法稍作修改进行。各种牛分别观察91—210个细胞，对其中完整的分裂相拍照5个，计算每个细胞中被银染的染色体数及其被银染的染色体序号。并根据有无银染物质连丝确定核仁组织区染色体联合（Association of Nucleolus Organizer Chromosomes）的类型和频率。

对以上有关数据进行必要的统计学处理。

结 果

（一）染色体长度与自发畸变率

黄牛、牦牛、犏牛的二倍体均为60（2n=60），常染色体29对皆为端着丝点，性染色体公的为XY，母的为XX〔照片版33—2〕。对5头黄牛共观察349个细胞，发现1

表40—1 黄牛、犏牛、牦牛常染色体相对长度（%）的比较表

染色体号	黄 牛	犏 牛	牦 牛	染色体号	黄 牛	犏 牛	牦 牛
1	5.66	5.68	5.69	16	3.23	3.23	3.28
2	5.07	5.17	5.20	17	3.14	3.10	3.15
3	4.79	4.89	4.88	18	3.05	3.04	3.05
4	4.57	4.72	4.70	19	2.95	2.94	2.92
5	4.45	4.56	4.56	20	2.85	2.82	2.83
6	4.37	4.42	4.43	21	2.77	2.72	2.72
7	4.25	4.30	4.29	22	2.69	2.63	2.60
8	4.15	4.12	4.19	23	2.62	2.53	2.51
9	4.06	4.09	4.07	24	2.53	2.43	2.41
10	3.95	3.99	3.95	25	2.45	2.33	2.30
11	3.83	3.92	3.84	26	2.36	2.20	2.23
12	3.72	3.74	3.75	27	2.27	2.10	2.10
13	3.58	3.63	3.64	28	2.13	1.96	1.98
14	3.48	3.51	3.54	29	2.04	1.75	1.80
15	3.34	3.38	3.41				

注：黄牛和牦牛测量18个细胞，犏牛测量17个细胞。

个染色体断片和1个染色体间隙，3头牦牛共观察343个细胞，只见到1个染色体间隙；3头犏牛共观察356个细胞，只见到1个染色单体间隙。黄牛、牦牛各选择18个，犏牛选择17个分散良好、完整、清晰的中期分裂相进行显微照相、放大、剪贴组型后进行染色体测量，结果见表40—1、40—2。

从表40—1的数据来看，黄牛、牦牛、犏牛各对常染色体的相对长度都很相似，三者之间没大差异。

表40—2 黄牛、犏牛、牦牛性染色体比较

牛 别	染 色 体 项 目	X				Y			
		相 对 长 度 (%)	着 丝 点 指 数	臂 比	着 丝 点 位 置	相 对 长 度 (%)	着 丝 点 指 数	臂 比	着 丝 点 位 置
		($\bar{X} \pm S.E$)	($\bar{X} \pm S.E$)			($\bar{X} \pm S.E$)	($\bar{X} \pm S.E$)		
黄 牛		5.23 ± 0.08	34.90 ± 0.01	1.87	亚中	2.36 ± 0.13	47.25 ± 0.01	1.11	中
犏 牛		4.69 ± 0.20	32.82 ± 0.01	2.05	亚中	2.65 ± 0.12	34.15 ± 0.07	1.93	亚中
牦 牛		4.80 ± 0.21	34.88 ± 0.01	1.86	亚中	2.56 ± 0.09	34.82 ± 0.01	1.87	亚中

注：测量细胞数同表40—1。

从表40—2看出：X染色体黄牛的着丝点指数为 34.90 ± 0.01 ，臂比1.87，根据A. K. Levan等人(1964)^[9]的标准定为亚中着丝点染色体；牦牛的着丝点指数为 34.88 ± 0.01 ，臂比1.86；犏牛的着丝点指数为 32.82 ± 0.01 、臂比2.05，同样都属亚中着丝点。

Y染色体黄牛的着丝点指数为 47.25 ± 0.01 、臂比为1.11，应定为中间着丝点染色体；牦牛的着丝点指数 34.82 ± 0.01 、臂比1.87，定为亚中着丝点染色体；犏牛的着丝点指数为 34.15 ± 0.07 、臂比1.93，应定为亚中着丝点染色体。由此看出，黄牛与牦牛Y染色体形态不同，而犏牛的Y染色体与黄牛不同却与牦牛相同〔照片版34—3〕

关于黄牛Y染色体我们根据测量数据和Levan的命名标准，定为中间着丝点是确定无疑的。这与P. K. Basrur^[12] M. S. Sasaki等^[13]和村松晋等^[6]的结果一致，而与单祥年^[2]和马正蓉等^[3]的结果不同。

(二) C带分析

对三种牛的C带带型对比可以看出，它们在异染色质的分布上没有差异〔见照片版34—4.5，35—6〕。C带位于常染色体的着丝点区（异染色质），X染色体与常染色体的长臂为浅染区（常染色质），Y染色体的染色程度介于异染色质与常染色质中间，也就是比异染色质染色浅而比常染色质染色深。说明Y染色体由既不同于常染色质也不同于异染色质的物质构成。

(三) G带分析

从G带带型中我们未发现黄牛、牦牛、犏牛之间有差异。无论是常染色体，还是X

表40—3 黄牛、牦牛、犏牛银染核仁组织区(Ag—NORs)的分布及联合表

牛种	性别	观察细胞数	总数	范围	Ag—NORs的分布					Ag—NoRs的联合			
					众数	频率 ($\bar{X} \pm S.E.$)	第2,3,4,5对被染数	频率 (%)	第28对被染数	频率 (%)	总数	频率 (联合/细胞)	联合方式 第2,3,4,5对之间的联合 第28对之间及28对与其它对联合
黄牛	♀	45	275	3—10	5	6.11±0.22	193	70.18	82	29.82	7	0.16	1 6
	♀	22	115	2—9	5	5.23±0.30	97	80.17	24	19.83	6	0.27	4 2
	♀	66	296	1—8	5	4.48±0.18	203	70.61	87	29.39	9	0.14	3 6
	♂	22	89	2—6	4	4.05±0.24	77	86.52	12	13.48	8	0.36	7 1
	♂	55	302	1—10	5	5.49±0.18	228	75.50	74	24.50	14	0.25	10 4
牦牛	Σ	210	1077	1—10	5	5.13±0.11	798	74.09	279	25.91	44	0.21±0.09	25 (56.82%) 19 (43.18%)
	♀	46	271	2—8	6	5.89±0.19	198	73.61	73	26.39	11	0.24	6 5
	♀	20	115	3—10	6	5.75±0.36	77	66.96	38	33.04	5	0.25	2 3
	♂	25	138	2—8	5	5.52±0.34	99	71.74	39	28.26	2	0.08	1 1
	Σ	91	524	2—10	6	5.76±0.15	374	71.37	150	28.63	18	0.19±0.13	9 (50%) 9 (50%)
犏牛	♀	27	157	3—8	6	5.81±0.32	118	75.16	39	24.84	1	0.04	0 1
	♀	47	250	3—9	5	5.32±0.21	172	68.80	78	31.20	5	0.11	1 4
	♂	66	352	1—9	5	5.33±0.19	231	65.63	121	34.36	9	0.14	3 6
	Σ	140	759	1—9	5	5.42±0.13	521	68.64	238	31.36	15	0.11±0.07	4 (26.67%) 11 (73.33%)

染色体三种牛的深带和非着色区的位置均相似。分带的分布趋势未见大差异。常染色体着丝点区和Y染色体短臂未着色，Y染色体长臂呈深染，且臂很短，不能准确识别带型。

(四) 银染核仁组织区 (Ag—NORs) 的分布与联合

核仁组织区 (NORs) 是一种非染色质片断，1975年Goodpasture等人[8]应用银染法特异地染色核仁组织区，并证明着色部位为18S+28S核糖体RNA基因位点，可以通过计数Ag—NORs来研究细胞中有转录活性的核糖体RNA基因的数目与位点。我们用这种方法对黄牛、牦牛及犏牛的核糖体RNA基因的位点与分布进行对比，所得结果见表40—3及照片35—7 (左)。从照片中看出，Ag—NORs出现在第2、3、4、5对和第28对染色体上。有时二条同源染色体皆被染，有时同源中的一条被染，每条染色体有时一个单体被染，有时二个单体皆被染。从表40—3中可以看出：在黄牛被观察的210个细胞中有1077条染色体被银染，频率为5.13/细胞；牦牛被观察的91个细胞中有524个染色体被银染，频率为5.76/细胞；犏牛被观察的140个细胞中有759个染色体被银染，频率为5.42/细胞。t测验表明，银染频率没有差异 ($P>0.05$) 见表40—4。

表40—4 Ag—NORs差异显著性比较

	银 染 频 率		牛 种	联 合 频 率	
	黄 牛 $\bar{X}_1=5.13$	牦 牛 $\bar{X}_2=5.76$		黄 牛 $\bar{X}_1=0.2095$	牦 牛 $\bar{X}_2=0.1978$
犏牛	$\bar{X}_3-\bar{X}_1=0.29$ $t=0.5781$	$\bar{X}_2-\bar{X}_3=0.34$ $t=1.7365$	犏牛	$\bar{X}_1-\bar{X}_3=0.1024$ $t=1.5190$	$\bar{X}_2-\bar{X}_3=0.0907$ $t=1.4306$
牦牛	$\bar{X}_2-\bar{X}_1=0.63$ $t=1.2810$		牦牛	$\bar{X}_1-\bar{X}_2=0.0117$ $t=0.1700$	

$p>0.05$

由于三种牛的常染色体都是近端着丝点，第2、3、4、5对染色体在显微镜下难以准确识别，而第28对能很好识别，故将第2、3、4、5四对与第28对分别计数。从表40—3中可以看出，第2、3、4、5四对同源染色体被银染的频率黄牛74.09%，牦牛71.37%，犏牛68.64%。而第28对的一对同源染色体被银染的频率分别为25.91% (黄牛)；28.63% (牦牛)；31.36% (犏牛)，且银粒大，着色深，说明第28对染色体核糖体RNA基因活性较2、3、4、5对染色体的基因活性大。

在三种牛中都观察到Ag—NORs联合现象。联合频率黄牛为0.21/细胞；牦牛为0.20/细胞；犏牛为0.11/细胞，经t测定，三者之间也无显著性差异 ($P>0.05$) (见表—4)。Ag—NORs联合的方式有第2、3、4、5对染色体之间的联合，也有第28对之间和第28对与其它对之间的联合[照片版35—7 (右)]。在这些联合方式中，涉及到

第28对染色体的黄牛为19/44 (43.2%), 牦牛为9/18 (50%), 犏牛为11/15 (73.3%)。可见第28对染色体出现联合的机会较其它染色体对也多。

讨 论

人类有意识地利用家畜远缘杂交已有3000多年的历史, 近50年来, 人们借助远缘杂交育成了婆罗门牛、哈萨克混血猪、山地细毛羊等一系列新品种。已经报导过洞角科牛亚科Bibos、Bos、Pöephagus和Bison这些属的染色体数都为60 ($2n=60$), 它们之间杂交有些能得到成活的 F_1 杂种[14]。Bos属内不同种间交配, 可以得到全育的后代[14、15], 而牦牛和欧洲或亚非家牛之间交配则得到母的可育, 公的不育的后代[14]。远缘杂交不育的程度大体与原种亲缘关系的远近一致, 不同物种的染色体数目、形态、结构的差异是不育的关键。牦牛与黄牛交配, 按照较近的分类系统, 是同属内的种间杂交(过去列归属间或亚属间杂交), 其杂种母犏牛能育, 公犏牛不育。E. П. CTKΛeHeB (1969) 指出, 公犏牛精子形成中止于初级精母细胞或次级精母细胞阶段, 精原细胞有退化现象。所以公犏牛外生殖器正常, 副性征发达、有性欲、但不能形成精子[16]。

一般认为C带区为简单的高度重复序列DNAs (highly repetitions Simple—Sequence DNAs), 代表情性遗传物质, 为异染色质结构, 非C带区为常染色质结构。对于暗的G带代表DNA富含AT (腺嘌呤和胸腺嘧啶) 碱基对的染色体片断, 而亮的G带则代表DNA富含GCC (鸟嘌呤和胞嘧啶) 碱基对的染色体片断[11]。牦牛与黄牛虽然在染色体数目, G带、C带带型以及NORs的分布与定位等方面大体一致, 但它们Y染色体的结构不同, 公犏牛Y染色体和X染色体之间固有平衡被扰乱, 从而破坏了减数分裂过程, 导致公犏牛不能形成精子。当然远缘杂种不育是一个复杂的生物学问题, 除细胞遗传学外, 并不排斥从形态学、生理学、生物化学、免疫学等角度作综合性的研究。

为克服公犏牛不育, 利用“级进”杂交的方法, 有可能得到可育的杂种公牛。原西北畜牧兽医研究所的试验指出, 用当地黄牛为父系与母牦牛杂交, 从级进二代外血占75%的公犏牛副睾中发现有正常和畸形精子, 级进到三代时, 杂种的外表与黄牛相同, 个别公牛已有生育能力[1]。这从细胞遗传学角度来看, 通过连续数代级进杂交, 可能减少了两亲本Y染色体的差异, 调整了X染色体和Y染色体之间的固有平衡, 改善了公犏牛的能育性。

除了在牛属(Bos)中通过选择一些具有一定经济利用价值的家养品种公牛与母牦牛连续进行数代级进杂交、轮回杂交或导入杂交外, 也可考虑在牛属中选择一些野生种(如瘤牛、大额牛、野牛等, 最好找到Y染色体具亚中着丝点的牛种)与牦牛进行正交或反交, 寻找既具有经济利用价值, 又具有能育性的组合, 达到改良牦牛的目的。

最后, 在牛属中Y染色体着丝点位置的差异Kieffer和Cartwright (1968)也曾指出过, 作者认为, 这是染色体多态现象, 在研究地方品种的起源和品种杂交改良中可作为重要指标[6]。本研究证实, 黄牛、牦牛、犏牛的Y染色体确实存在差异, 因此在牦牛的改良繁育中利用Y染色体作为分析它们遗传关系的一个指标是有其实用意义的。

小 结

(1) 对云南省丽江地区(横断山脉)的5头黄牛、3头牦牛、3头犏牛(黄牛♀×牦牛♂)应用外周血淋巴细胞短期培养法制备染色体,除对这三种牛的染色体进行计数,长度测算外,还做了C带、G带、银染核仁组织区的比较研究。

(2) 黄牛、牦牛、犏牛的染色体数目相同($2n=60$),29对常染色体均为端着丝点,1对性染色体,X—亚中着丝点,Y—中间着丝点(黄牛)或亚中着丝点(牦牛和犏牛)染色体。自发畸变率很低,分别为黄牛0.57%,牦牛0.29%,犏牛0.28%。三种牛染色体的C带、G带、银染核仁组织区的分布频率等未见明显差异。

(3) 从细胞遗传学角度讨论了黄牛×牦牛种间杂交的育性(犏牛♀能育,♂不育)问题。作者支持公犏牛不育是由于它的两个亲本种Y染色体存在着差异的观点,并从这点出发提出了关于牦牛杂交改良的建议。

参 考 文 献

- [1] 雷焕章(1981):《中国牦牛》1期P78—81.
- [2] 单祥年等(1980):《动物学研究》Vol.1, №1 P75—81.
- [3] 马正蓉等(1980):《动物学研究》Vol.1, №3.P313—316.
- [4] 陈文元等(1981):《细胞生物学杂志》Vol.3, №2.P9—12.
- [5] 常 洪(1980):《国外畜牧科技》№4.
- [6] 村松晋(1981):《日本畜产学会报》Vol.52, №12.P839—849.
- [7] F.E.Arrighi and T.C.Hsn (1971): cytogenetics 10:81.
- [8] Carll Goodpasture and Stephen.E.Bloom (1975): Chromosoma (Berlin) 53.37—50.
- [9] A.K.Leran et al (1964): Hereditas 52 (2): 201—220.
- [10] R. A Buckland et al (1978): cytogenet. cell Genet. 21.64—71.
- [11] Pathak (1979): Journal of Dairy Science vol.62, №5.
- [12] P.K. Basrur et al (1967): American Journal of vetevimary Research.vol. 28, № 126.1319—1325.
- [13] M.S. sasaki et al (1962): J. Heved. 53: 157—162.
- [14] Y. Melander (1959): Heveditas 45: 649—654.
- [15] R. A. Damon et al (1961): J.Anim.sci 20, 849—857.
- [16] E. П.СТеклеНеВ (1969): L. NТолоГия N ГеНе Тука Vol. 3, № 3, 270—275.

**A COMPARATIVE CHROMOSOME STUDY OF OX (BOSTARURS),
YAK (BOS GRUNNIENS) AND THEIR HYBRID**

Guo Aipu Huang Wenxiu Wang Jiqu Li Zhenghe
(Division of Biological Resources Ecology, Commission
of Intergrated Survey of Natural Resources, Academia
Sinica, Beijing)

Abstract

Comparative chromosome studies were made in ox (3 ♀, 2 ♂), yak (2 ♀, 1 ♂), and their hybrid (2 ♀, 1 ♂). The numbers and length of chromosomes were noted and the G-Banding, C-Banding and silverstained NORs were studied. The number of Chromosomes in diploid cells is $2n = 60$ in all, consisting of 29 pairs of acrocentric autoame and 1 pair of sex chromosome. The X chromosome is submetacentric in yak and hybrid, but smeacentric in ox.

No significant differences in the G-and C-Banding patterns were found among the three kinds of cattles. The frequencies of silver-stained NORs also showed no significant differences ($p > 0.05$).

The results of this study not only add some knowledge to our understanding of cytogenetics of Bos, but also help us in the practice of breeding programs and improvement of Bos.

41. 滇西北湖泊渔业资源利用现状 及其增殖途径的初步调查*

高礼存 庄大栋

(中国科学院南京地理研究所)

滇西北地区有洱海、泸沽湖、程海、碧塔海等12个天然湖泊，总面积达405平方公里。其中以洱海的面积最大，约252平方公里；以泸沽湖最深，达93.5米。我们于1977—1981年先后对该区湖泊中鱼类种类、区系特点、主要湖泊的形成、演变与鱼类的分化、经济鱼类生物学特性、渔业资源利用现状及饵料资源进行了初步的调查与分析。本文先就渔业资源利用现状及其增殖途径作一简要论述，目的在于为有关部门如何合理利用湖中饵料资源，发挥水体生产潜力和增殖渔业资源提供科学依据。

一、渔业资源利用现状

经初步鉴定，该区湖泊中产有土著鱼类48种。其中以洱海的种类最多，达20种；其次为程海，有19种；碧塔海、天池只采集到1种。在这些鱼类中，属于经济价值较大或在渔获物组成中占有一定比重的有鲫、杞麓鲤、洱海鲤、洱海大头鲤、大理鲤、大眼鲤、红尾红鲢、西昌白鱼、蒙古红鲢、鲢、中华倒刺鲃、圆吻鲴、洱海四须鲃、大理裂腹鱼（弓鱼）、泸沽裂腹鱼、厚唇裂腹鱼、宁蒗裂腹鱼、中甸重唇鱼等种类。还有一些鱼类虽然种群数量不大，如洱海的油四须鲃和厚唇鲤（冰雪鱼），但因肉嫩味美，含脂量较高，人们喜食，也是该区湖泊中的名贵鱼类。

(一) 总渔获量及其变化

从近年来12个湖泊中的鱼产资料统计和访问情况看，总渔获量达315万斤。但各个湖泊的渔业资源利用和发展很不平衡。在一些大中型湖泊中，以洱海的鱼产量最高，平均亩产约6.6斤；其次为程海，达3.8斤；泸沽湖仅有0.8斤。在中小型湖泊中，以草海鱼产量最高，平均亩产达20斤；其次为剑湖，达10斤；拉石海仅有0.5斤（见表41—1）。

洱海、程海和泸沽湖是属于三种不同类型的湖泊，历年来总渔获量的变化趋势也不相同。洱海的鱼产量是属于波动类型的湖泊，1956—1980年历年来渔获量波动在157—250万斤之间。而程海和泸沽湖则属于跌落类型的湖泊，但下降的幅度不同，程海最高年产量曾达160万斤，1975年下降到50万斤，1977年以后渔获量稳定在40万斤左右。泸沽湖1966年渔获量达100万斤，以后逐年有所下降，1974年下降到25万斤，1975年为20

* 参加野外湖泊调查的还有范云崎、王苏民、黄宝仁、季江、潘红玺等同志。

表41—1

滇西北湖泊鱼产统计资料

单位：亩、斤

湖名	洱海	程海	泸沽湖	剑湖	茈碧湖	海西海	拉石海	文毕海	碧塔海	属都海	草海	天池
面积	378000	106000	78000	9700	12000	3000	9800	3000	2700	1500	1000	1950
鱼产量	2500000	400000	60000	97000	35000	15000	5000	5000	5000	1000	20000	4000
亩产	6.6	3.8	0.8	10	2.9	5	0.5	1.7	1.9	0.7	20	2

万斤，1976年为15万斤，1977年只有10万斤，现在仅有 6 万斤。

(二) 种类组成及其变化

从几个湖泊中鱼类组成情况看，构成各湖优势种群的代表种类都不一样，虽然每湖只有1—2种，但它们在渔获物中占到50%以上。如洱海的鲫鱼占80.1%；程海的红尾红鲃、西昌白鱼占64.98%；泸沽湖的泸沽裂腹鱼、落水裂腹鱼合占66.9%；碧塔海的中甸重唇鱼占100%（见表41—2、41—3、41—4）。

表41—2

1981.3.30—4.18洱海渔获物种类组成统计*

单位：斤

种类	鲫	杞麓鲤	洱海鲤	洱海大头鲤	大理云南鲤	大眼鲤	厚唇鲤	华南鲤	大理裂腹鱼	洱海四须鲃	鲢	鲟	草	团头鲂	其它
数量	34950	3152	1548	2040	498	26	4	16	3	5	56	103	488	53	692
百分比	80.1	7.22	3.55	4.68	1.14	0.05	0.01	0.03	0.01	0.01	0.14	0.24	1.12	0.12	1.59

* 渔获物来自下关、挖色、大理、喜洲、砂坪、海东等湖区的丝网和鱼罩渔业。

表41—3 程海1981.5.26—6.10丝网、大拉网渔获物种类组成统计

单位：斤

种类	红尾红鲃	杞麓鲤	西昌白鱼	圆吻鲴	蒙古红鲃	蛇鲰	中华倒刺鲃	侧纹条鲈	鲢鱼	鲫	黄颡
数量	1150	300	548	332	180	93	45	84	20	4	1
百分比	41.71	10.88	19.88	12.04	6.53	3.37	1.63	3.05	0.73	0.15	0.04

表41—4

泸沽湖1981.6.13—27.渔获物种类组成统计

单位：斤

种类	泸沽裂腹鱼	落水裂腹鱼	厚唇裂腹鱼	宁蒗裂腹鱼	泥鳅	鲤鱼	草鱼
数量	600	300	200	100	5	170	10
百分比	43.32	21.66	14.44	7.22	0.36	12.27	0.72

在一些湖泊中由于采取了人工放流措施,其种类组成的变化则完全受到人为因素的控制,如草海的鱼类组成中则以鲢、鳙、草、华南鲤为主,而原来湖中土著鱼类所占比重很小。

洱海鱼类优势种群的变化自50年代初至目前为止,经历了三次演替过程。50年代期间保持了原来土著鱼类种群结构的特点,在敞水带鱼类中则以摄食浮游动物的大理裂腹鱼,摄食底栖生物的杞麓鲤、春鲤和肉食性的大理鲤为主;在沿岸带鱼类中则以摄食水生植物、丝状藻、硅藻及有机碎屑的洱海大头鲤、厚唇鲤、洱海鲤、洱海四须鲃、油四须鲃、鲫等杂食性鱼类为主。它们的种类虽多,但在食物组成上则各有侧重,因而它们能较好地利用了湖中各类饵料资源。到了60年代末,鱼类种群结构发生显著的变化,替代原来湖中优势种群的鱼类是在投放四大家鱼苗过程中带进的克氏鰕虎鱼,它们占据了整个沿岸带的砾石浅滩,使砾石产卵鱼类的产卵场所和索饵场所遭到了破坏,其种群数量明显下降。随着湖泊水位的下降,大片砾石滩地露出水面,适合鰕虎鱼和砾石产卵鱼类生长、繁殖场所并逐渐缩小,其种群数量逐年减少,特别是进入溶洞产卵的油四须鲃资源遭到明显的破坏。另一方面,由于湖泊水位的下降,改善了湖水对光能的利用,使水生植物分布范围不断扩大。据1980年实测资料看,其分布范围约占湖泊总面积的三分之一,分布最大水深达8—9米,因而极有利于某些草上产卵的鲫、鲤鱼的生长、繁殖,其种群数量约占总渔获量的92%。

(三) 变动原因的分析

滇西北湖泊的渔业利用和发展很不平衡。洱海的渔业资源利用有着悠久的历史,早在〔事物钳珠〕、〔一统志〕、〔檀萃滇海虞衡志〕等地方志中均记载了弓鱼、油鱼、鲫鱼的生活习性及其食用价值。而泸沽湖、碧塔海、属都海等湖泊中的渔业资源直到50年代和60年代才被开发利用。在捕捞过程中由于缺乏管理以及酷渔滥捕和炸鱼的现象非常严重,以致造成了这些湖泊的强度捕捞,使鱼产量处于大幅度的下降趋势。程海由于捕捞网具的网目很密,使大批性未成熟的幼鱼被捕捉,而造成鱼类资源大幅度下降。

有些湖泊由于某些鱼类的产卵场所遭到了破坏,而造成资源的枯竭。如洱海弓鱼在生殖过程中亲鱼需要通过江尾24条沟渠上溯到弥苴河上峡山口河段进行产卵。在正常年份情况下,由于规定了一些保护措施,亲鱼在生殖过程中则有上有下,因而湖中资源较为稳定。1970年和1971年在弓鱼生殖期间将整个河段拦捕起来,使弓鱼无法进入产卵场产卵。峡山口河段由于在修建公路过程中,使产卵场所遭到了破坏。另一方面是洱海的水资源被开发利用后,近年来西洱河河道被逐步挖深拓宽,洱海水位处于逐年下降趋势,由挖河前的(1971年)最低湖水位1973.28米,下降到1979年的1971.53米,共下降了1.75米。水位的下降引起了水域环境的变化和水生生物种类组成的改变,特别是桃园大队的弓鱼洞,原是湖水底下的地下河出口处,周围是砂砾石底质,历来是弓鱼在冬季产卵最集中的地方,也因湖水位的下降长满了水草而失去产卵场的效益。另一些砾石产卵鱼类也由于湖水位的下降,大片砾石滩地或地下河出口露出水面或被切断,影响到这些鱼类的产卵繁殖,如大眼鲤、洱海鲤、春鲤、厚唇鲤、洱海四须鲃和油四须鲃。

湖泊管理不善也影响到鱼产量的提高,如洱海有7种(亚种)鲤鱼和鲫鱼,其中鲫鱼的产卵盛期在4月中旬,大理鲤在3—4月,杞麓鲤和洱海鲤在4月中旬至5月,洱

海大头鲤在5—6月，大眼鲤则在冬季。这些鱼类的产卵地点、产卵时间和对产卵场所所要求的底质条件及其附着物都不一样。如杞麓鲤主要集中在荻茆河及波罗江三角洲前缘的浅水区。那里水深较浅，一般1—2米，湖底较为平缓，为沙泥底质，狐尾藻多呈簇状分布，极有利于亲鱼的产卵活动和胚胎的正常发育。洱海鲤则多集中在苍山十八溪的入湖河口地段进行产卵。那里水底多砾砂石底质，鱼卵粘附在砾石上并借水流的作用进行胚胎的正常发育。湖东岸多石灰岩陡岸，在岸边的浅滩上堆积着崩塌下来的块石或砾石，是大眼鱼、洱海四须鲃等砾石产卵鱼类的良好场所。但该湖的禁渔期则规定在5月1日至30日，禁渔区又不固定，年年更改，该禁捕的未禁捕，使渔业资源未能发挥最大的增殖潜力。

鱼类种群之间的相互竞争，也影响到湖内土著鱼类种群的发展。1958年前后从长江和其他水系中引进青、草、鲢、鳙苗种的同时，也带进了鰕虎和麦穗鱼，且发展迅速异常，如洱海的克氏鰕虎鱼1970年捕捞量达200余万斤。它是砾石产卵鱼类的主要敌害，湖中洱海四须鲃和大眼鲤遭受这样大数量的一个种群来争夺饵料、产卵场所和吞食其鱼卵，使这些鱼类的渔获量处于急剧下降的趋势。

二、渔业资源利用的饵料基础

鱼类作为湖泊中的一项自然资源，是能够不断提供人类开发利用的。但随着科学技术管理水平的提高，更要有计划对湖泊中的渔业资源进行合理的开发利用，以发挥水体中的最大供饵能力。下面根据洱海、程海、泸沽湖等湖泊中不同食性鱼类组成情况及主要饵料资源的生物量（指调查期间的现存量），粗略地对这些湖中渔业资源的最大供饵能力进行估算，以确定利用渔业资源的潜力。关于P/B系数、可利用率及饵料系数的数值均参照有关文献资料。其中浮游动物P/B系数取25，可利用率25%，饵料系数10及历史上最高渔获量来计算；螺、蚬P/B系数取10，可利用率25%，饵料系数60计算；水蚯蚓、摇蚊幼虫P/B系数取1.5，可利用率25%，饵料系数6计算；水生植物根据调查期间的总生物量，可利用率50%，饵料系数100计算。

从计算结果得出：洱海的最大供饵能力为1630万斤，其中摄食浮游动物的鱼类为340万斤，摄食螺、蚬、水蚯蚓、摇蚊幼虫等杂食性鱼类的供饵能力为181万斤，摄食水生植物鱼类的供饵能力为1109万斤。程海最大供饵能力为158万斤，其中摄食浮游动物鱼类的供饵能力为150万斤，摄食水蚯蚓、摇蚊幼虫鱼类的供饵能力为8万斤。泸沽湖最大供饵能力为67万斤，其中摄食浮游动物鱼类的供饵能力为50万斤，摄食螺、蚬、虾、钩虾、蛭类等杂食性鱼类的供饵能力为6万斤，摄食丝状藻、水生植物等鱼类的供饵能力为11万斤。

从三个湖泊的供饵能力看，以洱海为最高，平均亩产可达43斤，程海可达15斤，泸沽湖为8.6斤。从增殖能力看，以泸沽湖最大，可达11倍，洱海达6.5倍，程海为4倍。从不同食性鱼类组成看，在摄食浮游动物鱼类中，以洱海的增殖能力最大，敞水带的浮游动物资源几乎未能得到利用，泸沽湖的泸沽裂腹鱼增殖能力可达19倍；程海的红尾红鲃可达5倍。在摄食底栖生物鱼类中，以洱海的杞麓鲤、洱海鲤增殖能力最大，达6

倍；其次为泸沽湖的厚唇裂腹鱼，达3倍；程海的杞麓鲤增殖能力仅0.8倍。在摄食水生植物、有机碎屑、硅藻、丝状藻等鱼类中，以洱海的增殖能力最大，还有4.5倍的增殖能力；其次为泸沽湖，水生植物分布的面积虽然不大，但单位面积的产量仅次于洱海，特别是着生在砾石上的丝状藻尚未被充分利用；程海水生植物分布范围小，仅约1000亩，故湖内无摄食水生植物的鱼类存在。

另外，在一些中小型湖泊中，虽然湖内具有发展渔业的饵料资源，但因鱼类种类单纯，至今有些饵料资源未能得到充分利用。如拉石海在正常水位情况下湖面积为9800亩，调查期间仅采集到鲫、泥鳅，加上该湖又属于季节性湖泊，水位极不稳定。一般雨季来临后湖水位开始上涨，雨季结束后湖水位稳定一个过程后就开始下降，至来年3月底4月初湖底干涸。一些未被捕捉的鱼类退入落水洞的地下河中生活，年复一年，规律不变，这种水域环境就限制了渔业生产的发展。如能将湖内水生植物的四分之一数量用作池塘养殖草鱼之用，则每年可产鱼12万多斤。

三、关于渔业资源增殖途径的几点建议

从该区湖泊的形态特征、气候特点、湖水理化特性及生物生产性能看，其渔业资源的增殖和恢复能力基本上各不相同。在富营养型湖泊中，每亩水面提高到20斤以上；中营养型湖泊中，每亩水面提高到10斤以上；贫营养型湖泊中，每亩水面恢复到5斤以上是完全可能的。但需要做好以下几方面的工作。

（一）加强湖泊管理，规定明确的禁渔期和禁渔区，做好主要经济鱼类的繁殖保护工作

为了确保经济鱼类的正常产卵活动和幼鱼成长的需要，禁渔期宜规定在4—7月，在禁渔期间应实行全湖封湖禁捕。但因该区湖泊是立体气候，湖泊形态特征和水域环境又相差很大，因而主要鱼类的产卵时间也不相同，因此禁渔期亦要因湖制宜。如洱海的鲫、杞麓鲤、洱海鲤、大理鲤、洱海大头鲤、洱海四须鲃等经济鱼类的产卵时间主要集中在4—5月，其渔获物组成约占97%。程海的鲤、西昌白鱼、圆吻鲴、中华倒刺鲃、红尾红鲃、蒙古红鲃、鲶等鱼类的主要产卵时间集中在5—6月，约占总渔获物的94%。泸沽湖的泸沽裂腹鱼、厚唇裂腹鱼、落水裂腹鱼、宁蒗裂腹鱼的产卵时间主要集中在6—7月。做好这些鱼类的繁殖保护工作就能大幅度的增加后备资源的补充量。

（二）改造鱼类区系组成，保护珍稀品种，引进一些繁殖力强和生长速度快的优良品种，以替代一些繁殖力低、生长缓慢的土著鱼类

洱海和泸沽湖等湖泊中的鱼类区系组成特殊，对研究湖泊的形成、演变与鱼类的分化有着极为重要的关系。因此，应将洱海的7种鲤鱼、4种裂腹鱼和3种四须鲃；泸沽湖的5种裂腹鱼列为重点保护对象。只要能保持这些湖泊的水位有相对的稳定性，就能达到保护的目的。

滇西北湖泊中肉食性鱼类所占比重很小，在种群数量上已不能抑制小型鱼类（主要是鳅虎、麦穗鱼、黄魮鱼），在数量上的急速增长，如洱海肉食性鱼类所占比例不到2%，如果封湖禁捕期一旦实现，在保护经济鱼类繁殖的同时，也保护了这些小型鱼类

的发展。因此,可试引一些适应沿岸带生活的肉食性鱼类进去,如乌鳢等。考虑到洱海弓鱼资源已遭到破坏,可将星云湖摄食浮游生物、草上产卵的大头鲤引入洱海,使洱海的浮游动物资源能得到充分的利用。另外可将洱海的鲫、杞麓鲤引入泸沽湖,以充分利用该湖中的大量丝状藻和螺、蚬等饵料资源。

(三) 保护湖泊水域环境, 稳定湖水水位

从目前滇西北12个湖泊的水域环境和饵料基础看,以洱海发展渔业的条件最为优越,能适合多种生活区鱼类的生长、繁殖。随着洱海水资源被用来发电,水位会进一步下降,一些砾石产卵的鱼类资源将继续遭到破坏。从发展湖周农业和渔业的角度看,保持洱海水位有相对的稳定,是当前迫切需要研究和解决的问题,应引起有关部门的重视。另外在拉石海虽然具有发展渔业生产的饵料基础,但由于湖内水位不稳定,影响到鱼类的生长、繁殖,如能在出水口的附近筑一道2米高的堤坝,使最低湖水水位稳定在1米以上,就能保证鲤、鲫鱼的正常生活环境。目前程海湖水位平均每年下降15厘米,矿化度已高达993毫克·升⁻¹,随着湖水位的继续下降,对原有鱼类的生长可能产生很大的影响,因此,稳定程海的水位,对农业灌溉用水和发展渔业生产都是有利的。

四、鱼类区系改造与保护土著鱼类的看法

引种驯化是改造天然湖泊中鱼类区系组成,充分利用湖中各类饵料资源,提高鱼产量的一个重要环节。滇西北高原湖泊中有些饵料资源至今未能被充分利用,适当引进一些能在湖内生长、繁殖,食性级较低的温和鱼类进去,对提高这些湖泊的鱼产量会起到积极的效果。如洱海以鲫鱼的优势种群替代弓鱼的优势种群,从食物链上看则更为合理,鲫是杂食性鱼类,在洱海主要摄食有机碎屑、硅藻、丝状藻和水生植物的茎叶。弓鱼则摄食枝角类和桡足类。它们的生长速度和繁殖力也不同,鲫鱼平均1龄鱼体长为115毫米,体重75克;3龄鱼体长为200毫米,体重380克;5龄鱼体长为305毫米,体重1200克。平均相对繁殖力可达156粒/克体重。而1尾体长340毫米,体重725克的6龄弓鱼,其相对繁殖力只有33粒/克体重。这种优势种群的变化对发展洱海渔业资源起到了积极的作用。但从另一个角度看,这两种鱼是属于不同生活区域的鱼类,鲫是生活于沿岸带的底层性鱼类,而弓鱼则是生活于敞水区的中上层鱼类,由于弓鱼种群数量的剧减,使洱海敞水区的浮游动物资源未能得到利用,从利用饵料资源看,引进一些能适应敞水区生活、摄食浮游生物并能在草上产卵的大头鲤进去,对提高湖泊鱼产量则是有利的。

程海的捕捞强度远远超过泸沽湖,程海每人捕捞水面为102亩,而泸沽湖每人捕捞水面可达2000亩。程海最高鱼产量与目前相比,下降了4倍,而泸沽湖则下降了近17倍。究其原因,由于两个湖所处地理位置、湖泊水域环境、鱼类组成特点、繁殖生物学及生长速度都不一样,因而反映在鱼类的恢复能力不同。如以敞水区生活,摄食浮游动物的鱼类相比较,程海的红尾红鲃首次性成熟的年龄为2—3龄,平均相对繁殖力为225粒/克体重;泸沽湖的泸沽裂腹鱼首次性成熟年龄为3—4龄,其相对繁殖力只有42粒/克体重,两者相差5.4倍。所以两个湖泊同样处于捕捞强度很高的情况下,则程海的恢复能力比泸沽湖快。根据泸沽湖的饵料基础和供饵能力看,引进一些成长速度快、性成熟年

龄早和繁殖力强的鲫、杞麓鲤等优良品种,对恢复和发展泸沽湖的渔业生产是有利的。泸沽湖1978和1980年投放了少量鲤鱼苗种,生长一年后体重达650克,生长三年体重可达3000克。而云龙天池同样放流了鲤鱼,并能在湖内自然繁殖,但由于该湖缺少底栖生物,因而生长极为缓慢,1龄鱼的体重仅20—30克。

参 考 文 献

[1] 高礼存等(1981):《云南主要湖泊经济鱼类数量变动的初步调查》,于《动物学杂志》1: 31—34。

[2] 何志辉(1979):《淡水浮游生物的生物量—改进浮游生物定量工作的当务之急》,于《动物学杂志》1: 53—56。

[3] 伍献文等著(1964):《中国鲤科鱼类志》(上卷),上海科学技术出版社。

[4] ——等著(1978):《中国鲤科鱼类志》(下卷),上海人民出版社。

[5] 王幼槐(1979):《中国鲤亚科鱼类的分类、分布、起源及演化》,于《水生生物学集刊》6(4): 419。

[6] 王幼槐等(1981):《云南高原泸沽湖裂腹鱼类三新种》,于《动物分类学报》6(3): 328—333。

PRELIMINARY INVESTIGATION ON THE UTILIZATION OF FISHERY RESOURCES AND THE WAY OF PROLIFERATION OF LAKES IN THE NORTHWEST OF YUNNAN PROVINCE

Gao Licun Zhuang Dadong

(Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

Twelve natural lakes are distributed over the northwestern part of Yunnan Province, such as Lake Erhai, Lake Lugu, Lake Chenghai, etc., with the total surface area of 405 km². There live in these lakes 48 local fishes among which 20 species are possessed of greater economic value and occupy a larger proportion in the fish catch. The representative species to form a dominant population are entirely different from one another. Although only 1—2 species exist in each lake, yet they occupy 50% of the fish catch which is directly influenced by the change of these species in quantity. In addition, the utilization and development of fishery resources are out of balance in these lakes. The fish yield for Lake Erhai averages 6.6 jin per mu, being the highest one as compared with that of the other large- and medium sized lakes, while of all the small sized lakes in this region, Lake Chaohai gains the highest yield, averaging 20 jin per mu.

For more than ten years, man's productive activities, the change of water environment and the influence between the populations have led to an

obvious variation of the population structure in some lakes. Judging from their morphological features, physico-chemical properties and productive capacity, these lakes are of difference in the restoration and development of fishery resources. By strengthening the management of these lakes and providing the rules such as closure of fishing areas and fisheries control, it is entirely possible to reach 20 jin per mu for eutrophic lakes, 10 jin for mesotrophic lakes and 5 jin for oligotrophic lakes.

42. 横断山滇西北地区沼泽成因、 分布及主要类型的初步探讨*

孙 广 友 执笔

(中国科学院长春地理研究所)

一九八一年五月至九月,在中国科学院青藏高原综合科学考察队对横断山滇西北地区进行科考过程中,我们对该区的沼泽和泥炭进行了野外调查。本文拟对该区沼泽的分布、类型和成因进行初步探讨。

一、滇西北沼泽的形成因素

(一) 地貌因素

目前,对地貌条件在沼泽形成中的作用尚有不同认识⁽¹⁾,通过对东北三江平原沼泽的工作和本次对滇西北沼泽的调查,笔者认为地貌条件和水分条件是引起沼泽发生的两大基本因素。

沼泽是在地表过湿的环境下形成的,水分又是在重力作用下沿不同的地貌形态进行运动的。只有当地貌条件有利于水分聚集并使之保持稳定状态时,地表才会出现积水,也才会滋生喜湿性植物而发育沼泽。当然,这样的地貌形态只有负向凹地形、平坦地形及缓斜坡三种。三者间以负向地形为最优,平坦地形及缓斜坡也可以滞流,当水份稳定而又不致引起冲刷时,它们同样可以保持过湿而发育成沼泽。可见,使水分发生不同程度的滞流,是它们控制水分从而发育沼泽的同一性。

平坦地形实际上属于斜坡地形(当坡度趋近 0 时),而且自然界中绝对水平的地形是不存在的。由此可以归纳:负地形和缓斜坡地形都可形成沼泽。地貌中的凸形坡对于沼泽的形成是不利的,它能够迅速地散失水分。过陡的斜面同样不利沼泽的发生,“悬沼”只不过是自然界中的个例,没有普遍意义。当然,上述讨论的出发点是限于沼泽发生学方面,有些情况下,沼泽一旦形成,它可以造成沼泽微地貌,但一般属于局部次生形态,尽管也可能出现凸形微地貌,却仍然处于被诱导和派生的地位。

1. 高山峡谷地貌不利于沼泽发育

本区地貌形态复杂多样,可组合为图42—1 的模式。

在这七种基本类型中,近河床的谷底部分和阶地、谷肩共同构成深邃的峡谷地貌。阶地虽在各大河边均有发育,如在金沙江的树底见到 7 级,怒江的泸水有 4 级,澜沧江

* 1981年度参加野外工作的还有赵魁义;感谢刘兴士、牛焕光同志审阅,插图由杨慧媛绘制。

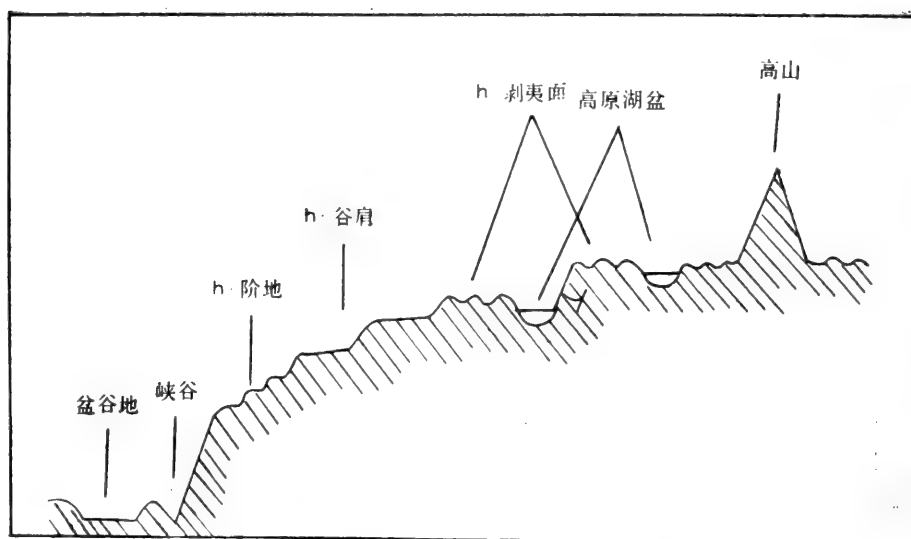


图42—1 滇西北地貌形态组合

的荣中有6级；但面积甚小，一般只几十米至数百米宽，物质粗糙，不利沼泽发育。谷肩平台多凸形坡，干燥，适于生长草甸植物。

据前人研究和这次野外观察，本区保留有第三纪末形成的夷平面，受构造变动，错落分布在不同的高度。如泸水镇，位于高黎贡山东侧海拔2900米的古夷平面上，外力削平了流纹状片麻岩、变质灰岩和深灰色板岩，并见有红色风化壳。这类古夷平面形成的残余高原，有时形成一定面积的沼泽。如维西县攀天阁地处海拔3000米的高原面，有沼泽和泥炭发育。但由于滇西北地区古夷平面受到剧烈破坏，面积较小，分布零星，提供沼泽发育的场所有限。高原及高山上部的冰蚀湖盆和雪蚀洼地，面积也都较小，沼泽也限于零星分布，如高黎贡山上的听命湖等。

总之，滇西北的横断山地区，地貌以典型的高山峡谷为基本特征，深山峡谷与残余的夷平面相结合，组成起伏剧烈的山原地貌，以迳流迅速的陡坡地形为主导，因而不利于沼泽大面积分布，仅其间的断陷湖盆和亚热带湿润谷地是沼泽较多的地区。

2. 湖盆普遍沼泽化

做为高山高原的补偿性地貌类型——湖盆，在滇西北的沼泽发育中，占有最重要的位置。区内湖泊绝大多数都发育一定面积的沼泽，湖泊沼泽化是一普遍趋势，而且至少从全新世之初持续至今。现将区内主要沼泽化湖泊列为表42—1。并对典型沼泽化湖泊进行对比分析。

北海位于腾冲县境，是更新世晚期火山喷发，熔岩流将大盈江上游支流河段堵塞而形成的火山堰塞湖。其湖面海拔1870米，湖盆宽浅，呈封闭状态，对沼泽发育十分有利。环湖四周沼泽十分发育，因使湖面大大萎缩，现仅存于古河道的中心部分，占整个湖盆的40%。

西湖与洱海、剑湖、茈碧湖、泸沽湖都是在断陷基础上经后来侵蚀作用形成的构造—侵蚀湖盆。它们都分布在著名的红河大断裂与金沙江大断裂的东侧，并且沿北或西北方向

表42—1

滇西北主要湖泊沼泽化状况

序号	名称	位置	海拔(米)	成因	面积 (亩)	水深(米)		沼泽面积(亩)		沼泽类型
						一般	最深	面积	占湖%	
1	北海	腾冲县	1870	火山堰塞	10,000	2	6	6000	40	湖盆沼泽
2	听命湖	泸水县	3485	冰蚀	30			1.5	5	湖滨沼泽
3	剑湖	剑川县	2100	侵蚀—构造	12,000	3	7	1200	10	湖滨沼泽
4	洱海	大理县	1950	构造—侵蚀	2,520,000			126,000	5	湖滨沼泽
5	西湖	洱源县	1980	构造—侵蚀	6,000	3	8	3,300	55	湖盆沼泽
6	茈碧湖	邓川县	2000	构造—侵蚀	10,000	4		4000	40	湖盆沼泽
7	拿帕海	中甸县	3260	构造—岩溶	900,000	0.5	2.5	423,000	47	湖盆沼泽
8	泸沽湖	宁浪县	2780	构造—侵蚀			93.5		15	湖滨沼泽
9	程海	永胜县	1518	构造						基本无沼泽

呈线性排列。这些湖盆的生成与高原隆起中发生的补偿性陷落有关。它们不仅有广阔的湖滨沼泽，而且湖底往往有厚层水下泥炭，西湖和泸沽湖的子湖小海子，经钻探，泥炭层连续厚度超过11米。

从地貌上看，这些湖泊普遍沼泽化并生成厚层泥炭的有利条件，首先在于湖盆具有优越的贮水条件；其次，它们都一侧受控于一条主断裂，湖底向主断裂一侧倾斜，另一侧则具有宽阔的浅水带。不论水位如何变化，湖滨区随着湖岸线迁移，都可以保持连续的沼泽化过程。如西湖的西侧紧靠苍山大断层（红河大断层的北支），湖水最深在断层附近。东侧湖水渐浅，2米深处水生植物小狸藻等生长茂盛，水深0.6米以下，出现大片芦苇。与此相反，程海则挟于两条共生断裂之间，两岸断层崖陡立，缺少滨湖浅水带，又加晚近时期水位明显下降，因而湖盆内基本无沼泽发育。

拿帕海是沼泽化较重的湖泊，发育在石灰岩为主的中甸高原上，第三纪后期陷落成湖后，岩溶作用仍强烈地影响到湖盆的发育。湖岸及底部均有落水洞，尤其是湖北端有长16公里的地下河，穿过湖北侧的小背斜，出露后称淌麦河，湖水大量外泄，流入金沙江。湖的东南侧又有几条短小河流汇入湖盆，形成宽阔的网状水系。湖两侧是金沙江—中甸大断裂，沿断裂有许多上升泉补给湖盆。这样，在湖水、河水、泉水与降水混合补给下，使拿帕海整个北半部发生沼泽化。

(二) 气候因素

1. 气候的垂直分带与沼泽发育

滇西北区的气候具有典型的垂直带谱，垂直带谱在各地又不能整齐划一。但大致包括以下7个带：河谷亚热带（基带）、山地暖温带、山地温带、山地寒温带、山地亚寒带、山地寒带和山地冰雪带。由于地球上从热带到寒带都有沼泽分布，所以相当多的人不承认沼泽有地带性规律；关于沼泽垂直地带性的论述更少见，因而使沼泽学在地带

性规律方面的理论模糊不清。本区独特的自然环境却提出了沼泽具有垂直地带的适例。

河谷亚热带是垂直带谱的基带，气候湿热，植物茂盛，有利于沼泽发育。如腾冲，年降水1468.5毫米，年均温14.7℃，而盈江流域降水最多达4181.4毫米。湿热环境使河谷盆地沼泽较多，如前述腾冲的北海即例。考察腾冲盆地，古代亦分布大片沼泽，后逐步被垦为水田。

在高山峡谷区变为特殊的干热河谷气候，多见刺灌、蒿等耐旱植物，沼泽不能发育。

海拔1800—2500米的暖温带，年降水达1000毫米，年均温15—18℃，位于该区的许多湖泊，如洱源的西湖、茈碧湖等，不仅强烈沼泽化，而且形成深厚的泥炭，证明暖温气候对沼泽发育也十分有利。

海拔2500—3100米左右为山地温带气候，植被常见云南松；年降水量900—1100毫米，蒸发量在1000毫米以上，年均温12—16℃，加上其他环境因素，不利于沼泽发育。考察中在此带基本见不到沼泽。

海拔3100—4100米左右的寒温带，年降水约600—1000毫米，蒸发量仅180毫米左右，相对湿度可达80%，年均温4℃以下；由云杉、冷杉组成的暗针叶林内阴冷而潮湿，林下草本植物及近地面的苔藓、真菌类异常繁茂，枯枝落叶层厚达10余厘米，它具有很强的保水性能，植物残体不能彻底分解，结果在土壤剖面中形成一个暗黑色泥炭层。试以梅里雪山第四系沉积为例，描述如下：

剖面海拔3240米，坡向w，坡度27°，基岩为铅灰色片岩。剖面由上而下：

i 0—6厘米，枯枝落叶腐殖质层。

ii 6—10厘米，暗黑色泥炭层，中度分解。

iii 10—25厘米，棕色亚粘土，稍湿，坡积层。

iv 25—75厘米，暗灰色亚粘土，夹角砾。

v 75—90厘米，黑灰色古土层。

vi 90—120厘米，棕黄色亚粘土夹碎石，坡积层。

可见，先后有两次出现林下沼泽化现象。这种冷湿气候下的平缓坡地或洼地则常是沼泽发育之地，如碧罗雪山海拔3600米的安切来垭口，高黎贡山海拔3485米的听命湖，玉龙雪山海拔3200米的干河坝（夏季云雾线海拔3100米）都发育沼泽，因此，我们在大约海拔3100米以上的寒温带可圈出一个山地沼泽化带。如将前述称为第一沼泽化带，那么，这可称为第二沼泽化带。

2. 沼泽发育的上限

野外调查中发现，沼泽最高可发育在寒带的中下部。这里冷杉林达到上限，植被为高山灌丛草甸，土壤为高山草甸土。年均温-5—-10℃，年降水350—390毫米，风力强劲，局部有多年冻土发育，属于冰缘环境。

在白马雪山海拔4230米的山鞍部发现的沼泽，是整个滇西北区位置最高的一个。这是一个先受冰蚀继而又受雪蚀作用的宽浅分水鞍。其底质为冰碛物，有4—5条溪流半伏流状穿过沼泽化的浅谷；植被以小叶杜鹃、苔草为主，泥炭（包括草根层）厚95厘

米。剖面自上而下为：

i 0—18厘米，草根层，棕色，多活根。

ii 18—42厘米，泥炭，褐棕色，分解差，饱水。

iii 42—62厘米，泥炭，褐色，中度分解。

iv 62—95厘米，泥炭，褐色，分解差。

v 95厘米以下，含泥炭的灰色砂砾石层，砾径0.5—1 cm。

山地海拔4200—4500米段，为寒冻风化岩屑坡带，植被依然为草甸灌丛，但不能发育为沼泽。

4500米以上的冰雪带，基本没有高等植物。

由此可见，寒带下部是本区沼泽垂直分布的上限，地貌上它处于冰缘带下部。

（三）沉积物因素

亚热带干热河谷区，基岩裸露，碎屑物质粗糙，保水性差，再加气候干热，就不可能形成沼泽。

暖温带山麓是洪积物、坡积物沉积区，往往物质较细，渗透率低，而且有坡水补给或径流溢出，便易于形成沼泽。如玉龙雪山的玉湖附近，洪积扇前缘呈 5° 坡，坡水在扇尾形成小溪汇入玉湖；再加地下水浸溢，使地表积水，发育了华扁穗草—苔草沼泽，埋藏泥炭厚250厘米。腾冲盆地玉壁村位于大型洪积扇上，地表90厘米为干燥的棕黄色坡积亚粘土，下伏褐色泥炭层，见厚6.6米，推测泥炭的时代属更新世晚期，说明洪积扇沼泽发育的环境曾相当稳定。

在湖盆区，由于河流汇入带来大量泥沙，湖泊因淤积而衰亡，演变为沼泽，这是普遍趋势。而且河流沉积速率控制着泥炭中矿物质的含量。如洱源的西湖东岸受弥苴河影响，上部较纯泥炭厚3米，中部为厚3米的炭质淤泥，下底为厚1.5米的青灰色湖相淤泥，底质为河流相砂与小砾石。但距岸700米处河流影响甚微，地表以下纯泥炭见厚11.80米（未打穿），沉积特点显然不同。

由上述可见，沉积物既影响到水分的存储条件，又影响到泥炭沉积相的特点。而这又与地貌条件有机配合而发挥作用的，因而使湖盆环境成为滇西北最主要的沼泽与泥炭发育区。

（四）植物因素

从沼泽发生学来看，笔者认为植物可能并不是基础性因素。有了适宜的地貌条件、充足的水分和必要的气候条件，沼生植物才可繁衍起来。目前，对植被的蒸发、蒸腾机制还在探讨中，因此，它对沼泽发育的影响亦无定论。但在滇西北发现下述确切的事实：在寒温带山地，茂密的冷杉、云杉和其他乔、灌木使郁闭度达到80%以上。这种屏蔽作用明显地抑制林下蒸发，遂使林下发生沼泽化现象，在相应的土壤剖面中常见呈水平的黑色薄泥炭层。

在考察区还须着重指出的是：沼泽化湖盆之所以形成我国全新世罕见的厚泥炭层，除了地貌、水分等有利条件外，在湿热与暖湿条件下，植物生产量高也是一个重要因素。在亚热带的腾冲地区，植物四季生长，滇西湖区植物生长期也相当长。这样，残体的积累远远超过分解，这是区内高山沼泽或我国北方沼泽所不具备的特点。

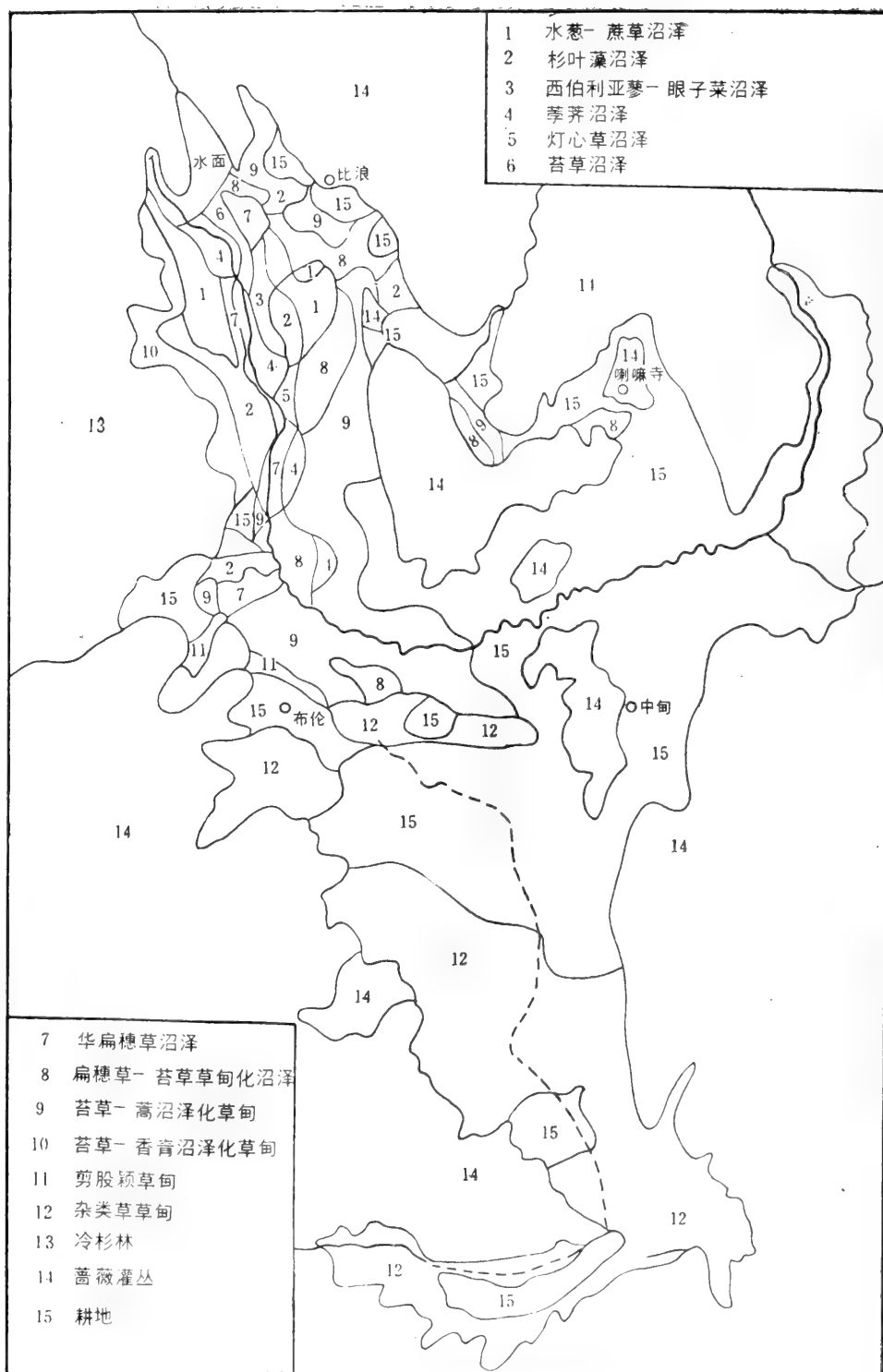


图42—2 拿帕海沼泽类型图

本区自然地理带的垂直分异，使沼泽环境的植被有较多的生活型，不仅有低海拔常见的一些类型，而且出现了独特的苔草—箭竹小叶杜鹃沼泽。

另外，在滇西北湖盆区，由于水体沼泽化占主导地位，水生植物如眼子菜、杉叶藻等在沼泽与泥炭形成中具有更重要的作用。并且由于湿生植物种属丰富，微地貌引起的水热状况的微小变化，促使小环境的沼生植物截然不同，从而形成复杂多样的沼泽体（如表42—3），仅拿帕海就见到8种沼泽体（如图42—2）。

二、主要沼泽类型及分布

（一）分类原则

在沼泽研究中，国内外曾出现过水文分类、植物分类、泥炭分类、地貌分类等单要素分类方案。这种分类很难避免片面性。后来又出现先按泥炭，后按地貌与植被的分类，这种分类中包含双重主导因素，难免二元交叉的弊病，不能形成严密的系统。何况近年来出现了把分解很差的草根层也视为泥炭的倾向，那么原则上讲，不含泥炭的沼泽是不存在的，把泥炭作为分类的基础更成了问题。苏联早有所谓高位沼泽、低位沼泽和中位沼泽的分类，影响较大。但把地球上一切沼泽都纳入一个发育模式是有待商榷

表42—2 横断山中部主要沼泽类型系列表

类	型	组	体（实例）*
西 南 山 原 沼 泽	冰蚀湖盆箭竹—小叶杜鹃沼泽	浸水缓坡箭竹沼泽	坡脚箭竹沼泽体
		滨岸苔草—小叶杜鹃沼泽	
	雪蚀洼地小叶杜鹃—苔草沼泽	谷缘小叶杜鹃沼泽	谷坡小叶杜鹃沼泽体
		谷底苔草沼泽	
	山间盆地扁穗草—苔草沼泽	谷坡苔草沼泽	坡脚苔草沼泽体
		谷底扁穗草—荸荠沼泽	
	山麓坡地苔草—扁穗草沼泽	冲积 山麓 洪积 扇缘苔草—扁穗草沼泽 坡积	扇缘缓坡扁穗草沼泽体
	宽谷灌丛—睡菜沼泽	谷坡杜鹃灌丛—苔草沼泽 谷底睡菜沼泽	近河床漫滩荸荠沼泽体
	湖盆芦苇—蕹藻沼泽	近岸浅水带芦苇—水葱沼泽	浅水带芦苇沼泽体
		离岸浅水带蕹藻沼泽	浅水带蕹藻沼泽体
		河湖滩地扁穗草—苔草—蓼沼泽	湖滨滩地扁穗草沼泽体
	冰蚀湖泊沼泽**		

* 沼泽体划分见42——表3 ** 此类型超出本年考察范围，群体划分尚待进一步工作

表42—3

沼泽体特征简表

沼泽体	位置	海拔 (米)	微地貌	优势植物	土壤	水源补给	水化学类型
雪蚀洼地边缘苔草—— 马先蒿沼泽体	白马雪山垭口	4230	边坡10度，底质冰 碛，有路头	Carex Pedicularis	高山泥炭 沼泽土	雪水、坡水 及降水	
雪蚀洼地底部小叶杜鹃 沼泽体	同上	同上	略倾斜的宽展洼地 底部	Rhododendron Juncus Cal tha scobresia	同上	同上	
冰蚀湖河口三角洲箭竹 沼泽体	高黎贡山东坡	3485	小型河口三角洲上 部	箭竹	同上	同上	湖水： $\text{HCO}_3 - \text{SO}_4 - \text{K}$ + Na - Ca PH 5.5
冰蚀湖河口三角洲杜鹃 ——苔草沼泽	同上	同上	小型河口三角洲下 部	Carex Sphagnum	同上	同上	
高原宽谷谷缘下部杜鹃 ——灌丛沼泽体	云岭顶部高原面	3200	谷缘波折处3—5°， 坡积层	Rhododendron Menyanthes Polygonum	泥炭沼泽土	坡水、降水	沼泽水： $\text{SO}_4 - \text{HCO}_3 - \text{K}$ + Na PH5.5
宽谷中牛轭湖睡菜沼泽 体	同上	同上	淤塞的小牛轭湖	Menyanthes Eleocharis Scirpus	同上	同上	
宽谷中近河床漫滩荸荠 沼泽体	同上	同上	小溪旁的漫滩	Eleocharis Carex	同上	河水、降水	
湖滨近岸睡菜——蔗草 ——苔草沼泽体	泸沽湖子	2780	水深1米以内的湖 滨浅水带	Menyanthes Scirpus Carex	同上	湖水	湖水： $\text{HCO}_3 - \text{K} + \text{Na}$ - Ca
湖滨离岸浅水带薹藻沼 泽体			水深1—3米的离 岸浅水带	Verticillatum			

(续表)

沼泽体	位置	海拔 (米)	微地貌	优势植物	土壤	水源补给	水化学类型
雪蚀洼地扁穗草沼泽体	碧罗雪山 东坡安切	3600	洼地积水	Blysmus Ainocompessus Juncus	高山 泥炭沼泽	降水、坡水	
雪蚀洼地灯芯草——苔 草沼泽体	来垭口		洼地中呈斑状	Juncus Potentilla Carex Polygonum	土		
湖盆滩地杉叶藻沼泽 体*	拿帕海	3200	湖内发辫状溪流的 滩地	Hippuris	泥炭沼泽土	河水、降水、 泉水	沼泽水: HCO_3^- -Ca-K+ Na PH: 6.5
湖滨近岸浅水带芦苇沼 泽体	洱源县 西湖	1980	湖滨积水 0.6 米以 内的水区	Phragmites communis Potonageton Ceratophyllum	泥炭沼泽土	湖水、河水、 降水	湖水: HCO_3^- -K+Na- Ca-Mg PH: 6.5
湖滨离岸浅水带藨藻沼 泽体			湖滨积水 1—3 米	Verticillatum			
湖滨近岸浅水带水葱等 沼泽体	洱源县 茈碧湖	2000	湖滨积水 1 米以内	Scirpus Najas	泥炭沼泽土	湖水、降水	湖水: HCO_3^- -K+Na- Ca PH: 6.5
湖滨离岸浅水带藨藻沼 泽体			湖滨积水 1—3 米	Verticillatum			
湖滨近岸浅水带苔草— 水葱—睡菜沼泽体	腾冲县 北海		积水 1 米以内有大 量漂筏	Carex Menyanthes Iris Polygonum	泥炭沼泽土	湖水、降水	湖水: HCO_3^- - SO_4^- -K +Na PH: 5.5 沼泽水: HCO_3^- - SO_4^- -K +Na PH: 5.5
湖滨离岸浅水带藨藻沼 泽体			积水 1—3 米	Verticillatum			

* 拿帕海湖盆划分 8 种沼泽体, 参见图 42——2

的。有些地方，低、中位沼泽没发育成高位，并不是形成年龄问题，而是受空间地理规律所制约⁽⁴⁾。也有人倡导按沼泽的景观分类，其要旨是从整个景观上划分沼泽类型。从理论上讲这是易于接受的，但沼泽毕竟涉及复杂的自然要素，有些难以定量。这样，在实际应用上遇到困难，在实行中势必走向依据了地貌或植被、或水文做为主导因素⁽³⁾。

本文从地貌是沼泽发生的一个基础性因素这一认识出发，又考虑到愈是在沼泽的小环境，植被对沼泽面貌的控制就愈明显的一般规律，采用地貌与植物相结合的分类方案。分类的前级主要是地貌，分类的末级主要是植物，中间逐渐过渡。做为分类主导因素的地貌贯彻各级分类的始终。根据这一原则，拟将考察区沼泽划分为四级，分别与区域、大地貌、中地貌、小地貌和微地貌单位相对应。

(二) 沼泽类型划分

整个分类系统如表42—2所列。一级区为体现高山高原环境沼泽的西南山原沼泽类；二级区划为7个沼泽型；三级划分为沼泽组，地貌上属于中小地貌类型，如谷坡、扇缘、滨岸等，构成中小生态环境，这里出现生活型相近的若干沼泽群落，组成一个沼泽组；四级为沼泽体。在本区初步划分出25个沼泽体。各类沼泽类型及其特征如表42—2、3所列。

(三) 沼泽与泥炭分布的一般规律

1. 总体上呈零星分布

考察区沼泽主要分布在高山与高原的冰（雪）蚀湖盆，高原断陷湖盆、河谷盆地及山麓缓坡等四种地貌类型。其中拿帕海沼泽面积最大，为39.30平方公里，小的仅几亩，如听命湖沼泽约1.5亩。由于山原地貌条件的限制，高山高原上沼泽面积都很零星，较多的是分布在断陷湖盆中，因此，本区沼泽总体上呈零星分布。

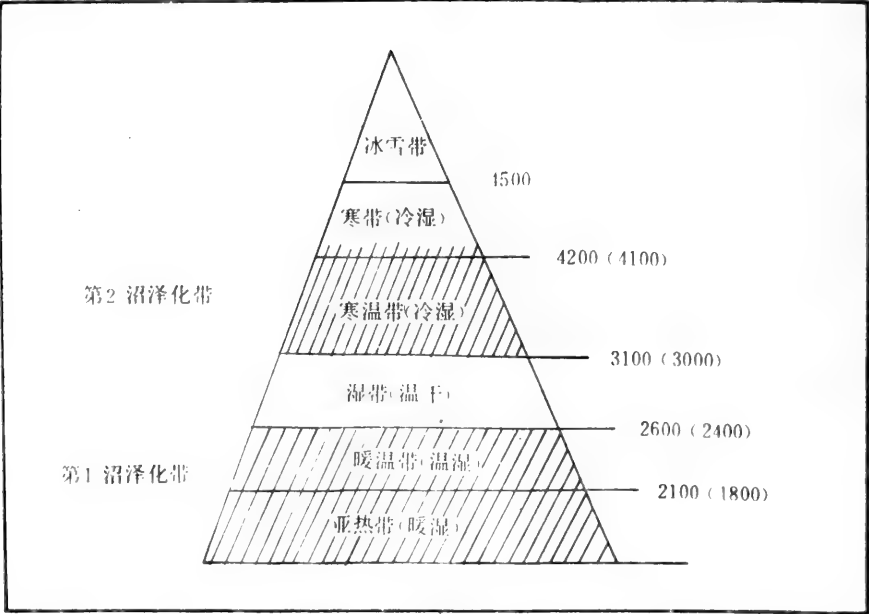


图42—3 横断山滇西北区沼泽垂直分带

2. 泥炭层深厚

考察区高山冰、雪蚀洼地全新世泥炭厚度小于1米,高原面上一般小于3米,如维西县的攀天阁等地。最厚出现在沼泽化湖盆,如拿帕海喇嘛寺支谷里,泥炭厚6.15米,西湖和泸沽湖地区厚度超过11米。这样厚的湖相泥炭层,在我国大陆内侧尚属首次发现。另外,在山麓也有较厚的埋藏泥炭,如腾冲县玉壁村,厚度超过7米,为更新世泥炭。

3. 垂直地带性特点

前已说到,受地貌与气候条件的控制,沼泽的发育在本区表现出垂直地带性特点。位于亚热带和暖温带为第一沼泽化带,属于热湿—暖湿型,造炭植物主要是扁穗草、芦苇等,水生植物有眼子菜、杉叶藻及其藻类等。位于寒温带及寒带下部为第二沼泽化带,属于冷湿型,造炭植物中出现了箭竹和小叶杜鹃这类本来并不是沼泽植物,但适应冷湿环境的植物。两个沼泽带之间夹着一个沼泽与泥炭的不发育带,位于温带气候带。沼泽发育的上限为寒带下部的草甸灌丛带。

由此可见,尽管由于不少沼生植物如芦苇、苔草等具有很强的适应性,分布相当广泛,因而使沼泽发育具有隐域性特点,并且往往掩盖了沼泽所具有的地带性分布特点。本区的事实证明,沼泽除了非地带性特点的一面,还存在地带性特点。滇西北地区,在垂直方向上出现了两个沼泽发育带,其性质亦并不相同。

参 考 文 献

- [1] О.Л.ЛИС Н.А.БеРеЗИНа(1977): «БОТаНИЧесКИЙ Журнал» p.303~309
- [2] 中国科学院长春地理研究所, (1977): «三江平原地貌条件与沼泽的形成和分布», 载中国地理学会地貌学术讨论会论文集, 科学出版社, 1980。
- [3] 柴岫等(1962): «若尔盖高原沼泽» 科学出版社。
- [4] Huang Hsi-chou (黄锡畴)
«An Outline of China's Marshes The Environment»
Chinese and American views Methuen and co Ltd New yort and London 1980

A preliminary Discussion On Types, Formations And Distribution Patterns Of Bog In The North-west Area Of Hengduan Mountain

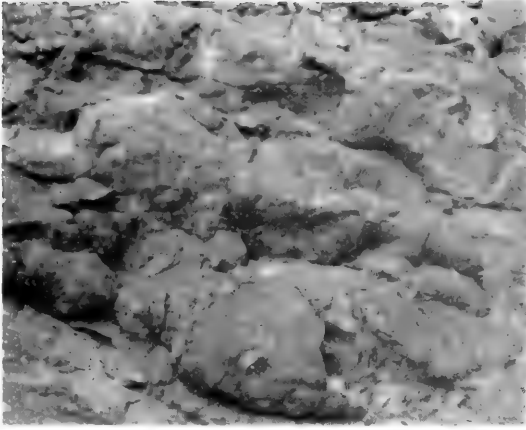
Sun Guangyou

(Changchun Institute of Geography, Academia Sinica)

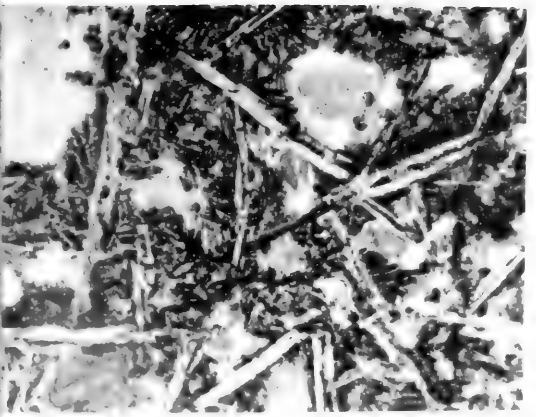
Abstract

In this paper the main types of bog in the North-West area of Hengduan Mountain are first reported. The analysis of its formation and distribution are also given. According to the data collected during expedition the paper points out that the development processes of bog in this area are controlled by the rule of vertical zonation, and two bog zones in vertical direction are classified. In addition, conception of the upper limit of the bog development are suggested.

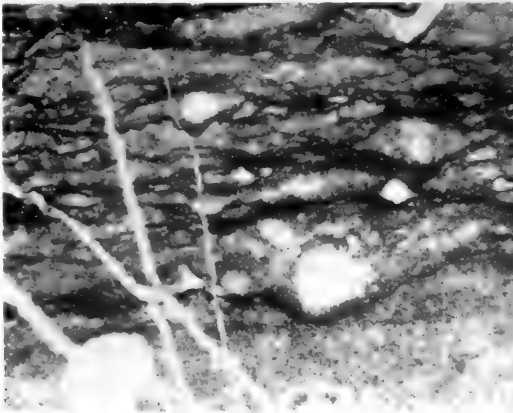
照片版 1



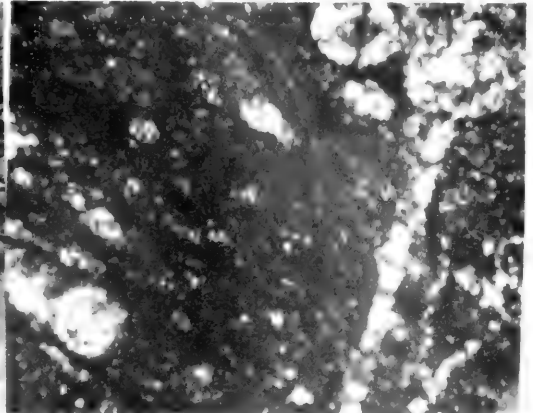
1. 枕状玄武岩 (白茫雪山垭口南东 5 公里)



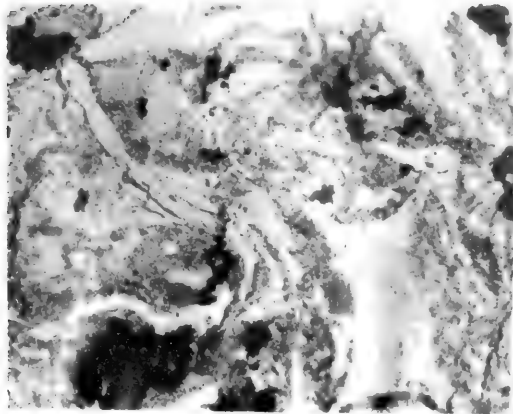
2. 杏仁状构造玄武岩 (单偏光 $\times 66$)



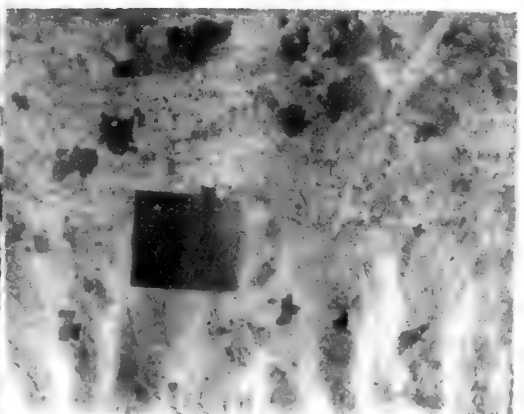
3. 放射虫硅质岩 (单偏光 $\times 66$)



4. 放射虫硅质岩 (正交偏光 $\times 66$)



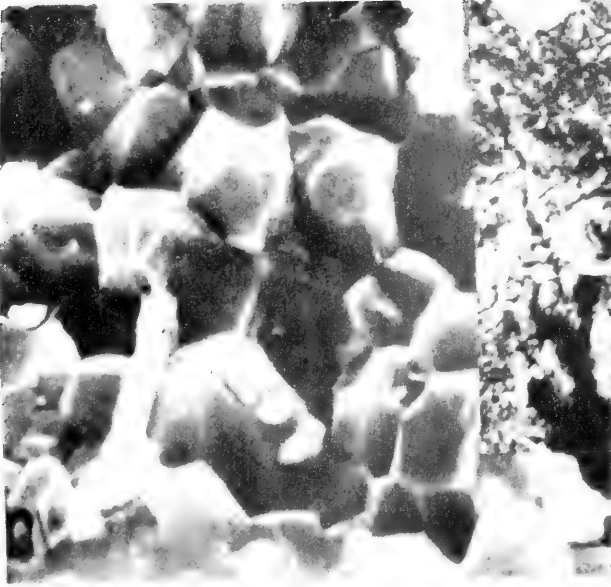
5. 凝灰岩中玻屑 (单偏光 $\times 66$)



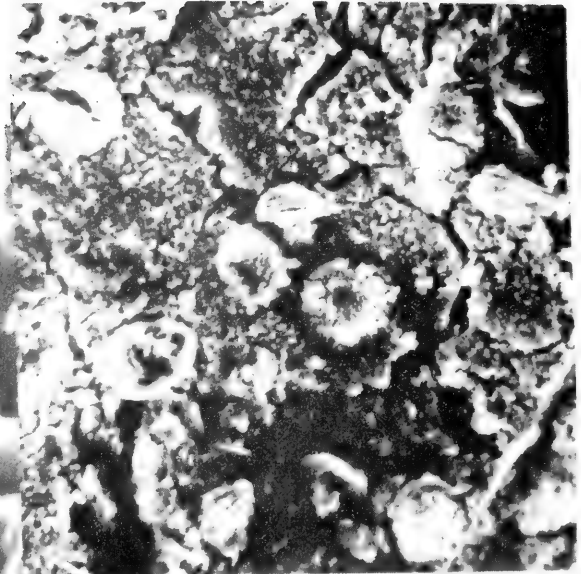
6. 凝灰岩中含黄铁矿 (单偏光 $\times 66$)

照片版 2

7. 石英集合体 ($\times 5200$)



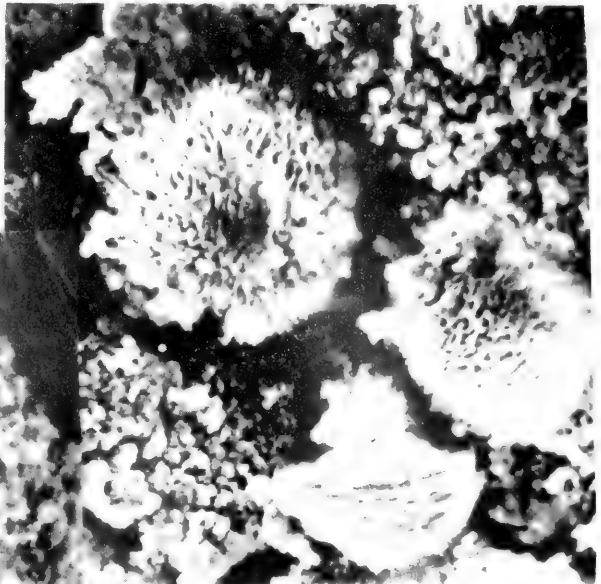
8. 硅质岩中放射虫残体 ($\times 500$)



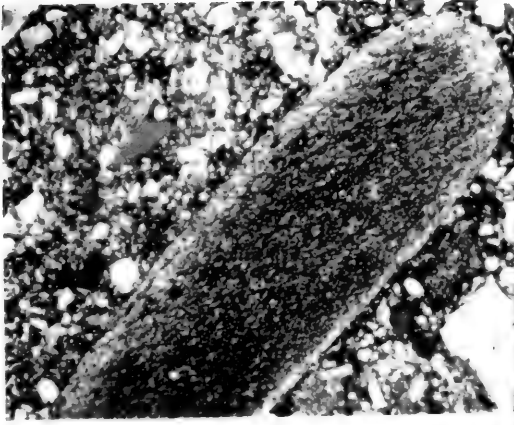
10. 放射虫壳 ($\times 560$)



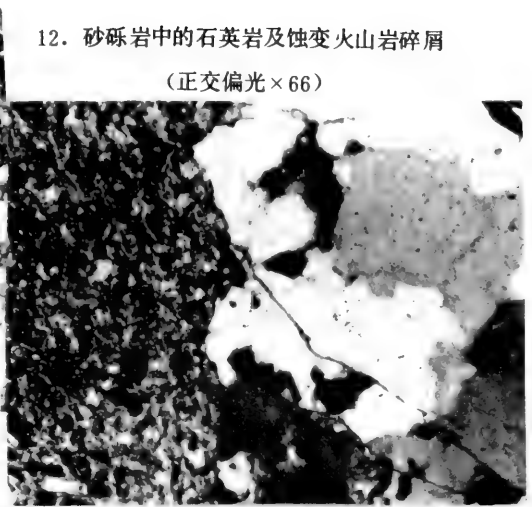
9. 硅质岩中放射虫残体 ($\times 1500$)



照片版 3

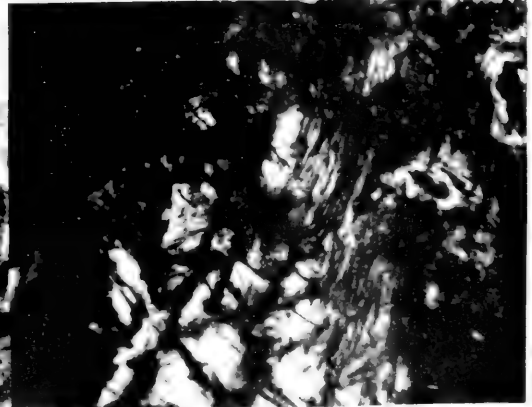
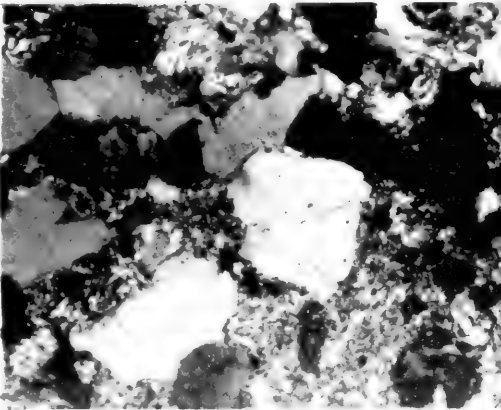


11. 砂砾岩中的千枚岩砾石 (单偏光 $\times 37$)

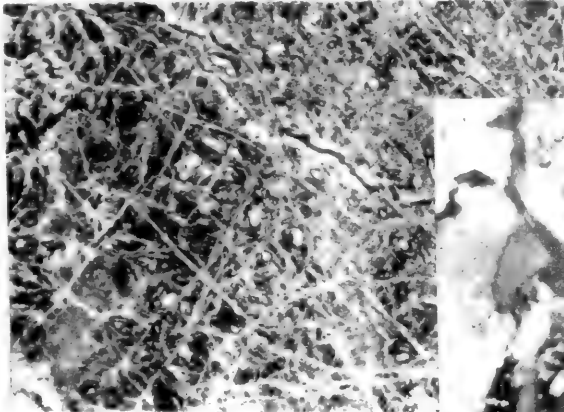


12. 砂砾岩中的石英岩及蚀变火山岩碎屑
(正交偏光 $\times 66$)

13. 砾岩中的蚀变岩屑砂岩砾石 (正交偏光 $\times 66$)



14. 砂砾岩碎屑组分中的蛇纹石
(正交偏光 $\times 66$)



15. 砾岩中具蛇纹岩网状结构的碎屑
(正交偏光 $\times 66$)

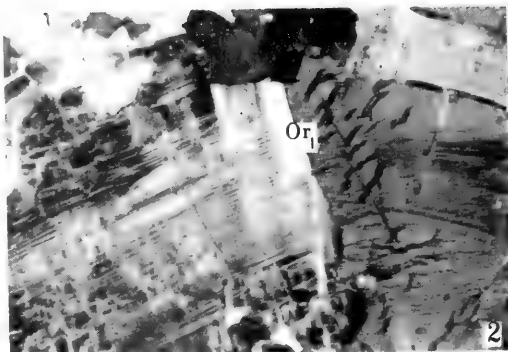
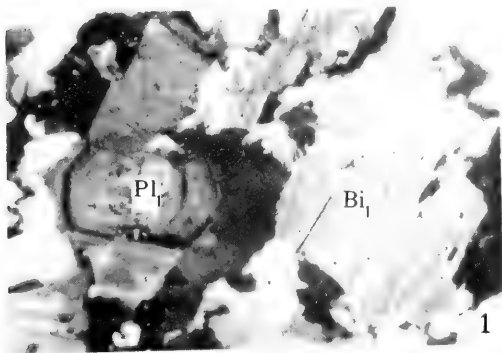


16. 砂砾岩中的伊丁石碎屑 (正交偏光 $\times 37$)

照片版 4

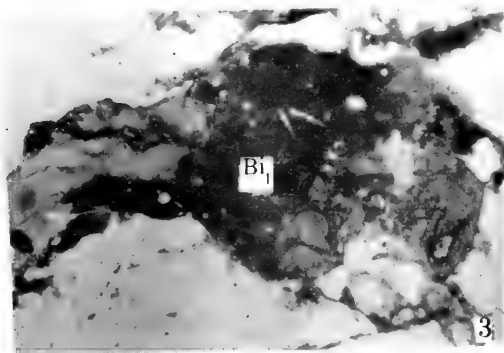
1. 黑云母 (Bi_1)、斜长石 (Pl_1) 等, 没有经受过明显的热动力作用, 保持岩浆阶段结晶的特点。

角闪黑云母花岗岩 (81—517) $\times 25 (+)$



2. 在热动力作用下, 钾长石 (Or_1) 出现弯曲、微裂隙和呈现波状消光。

斑状黑云母花岗岩 (81—574) $\times 23 (+)$

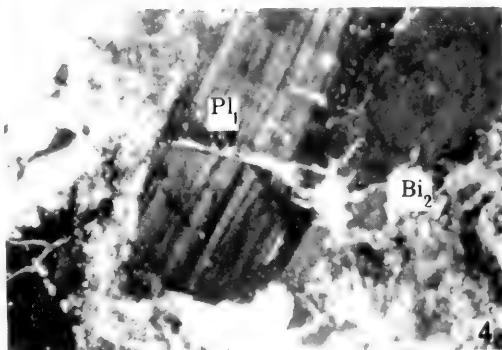


3. 在热动力作用下, 黑云母 (Bi_1) 出现弯曲和波状消光。

斑状花岗闪岩 (81—548) $\times 32 (-)$

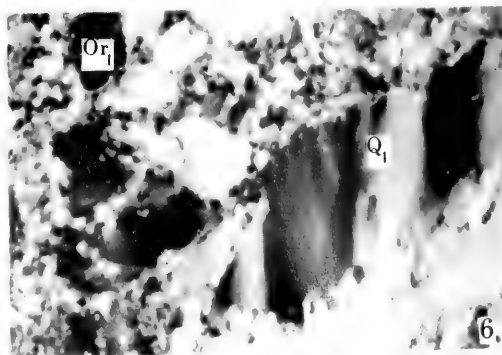
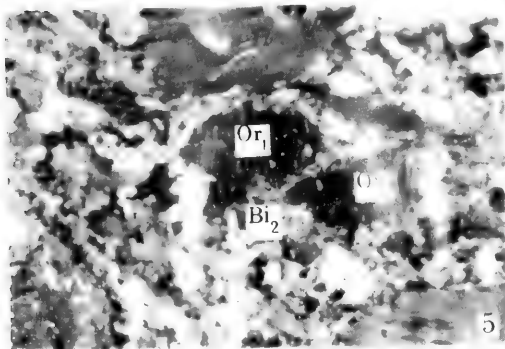
4. 重结晶黑云母 (Bi_2) 等, 充填斜长石 (Pl_1) 裂隙。

斑状黑云母花岗岩 (81—509) $\times 32 (+)$



5. 岩浆阶段结晶的长石 (Or_1) 破裂, 破碎和被融蚀, 裂隙内充填重结晶造岩矿物, (Bi_2)。

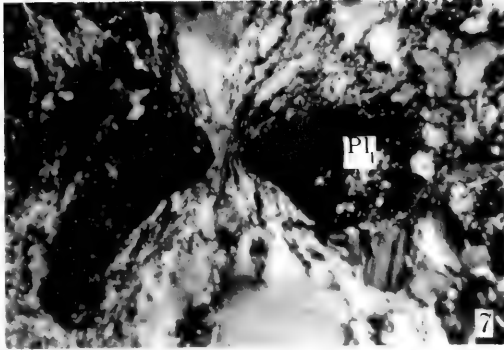
斑状黑云母花岗岩 (81—565) $\times 63 (+)$



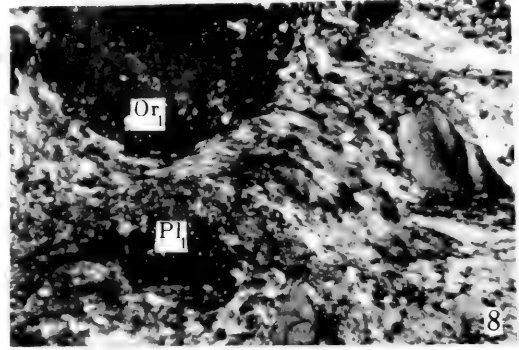
6. 破碎的长石 (Or_1) 和带状消光的石英 (Q_1), 其内部裂隙内充填重结晶的造岩矿物。

斑状黑云母花岗岩 (81—509) $\times 63 (+)$

照片版 5



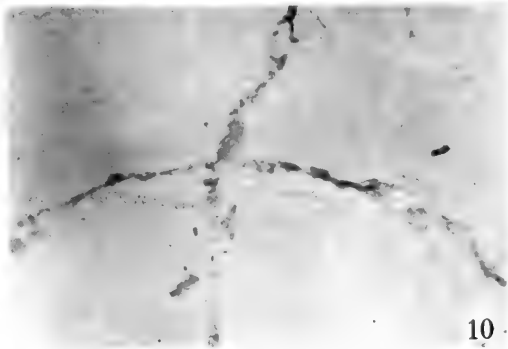
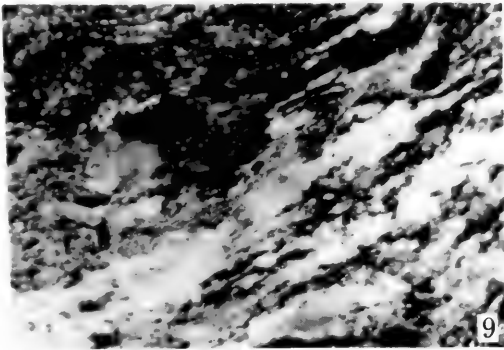
7. 岩浆阶段结晶的矿物 (Pl_1) 破碎和被融蚀,
重结晶的造岩矿物显示流动现象。
花岗闪长岩 (81—499) $\times 126$ (+)



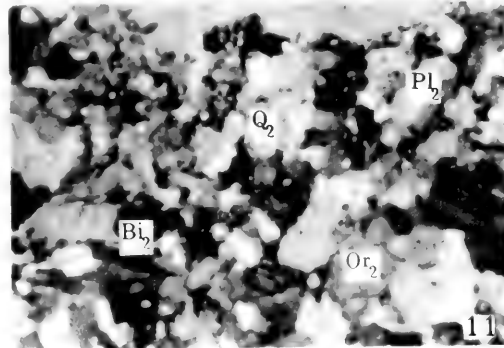
8. 钾长石 (Or_1)、斜长石 (Pl_1) 等
边部被融蚀, 重结晶矿物显示流动
构造和定向分布。

花岗闪长岩 (81—498) $\times 126$ (+)

9. 重结晶矿物呈定向排列
花岗闪长岩 (81—499) $\times 126$ (+)

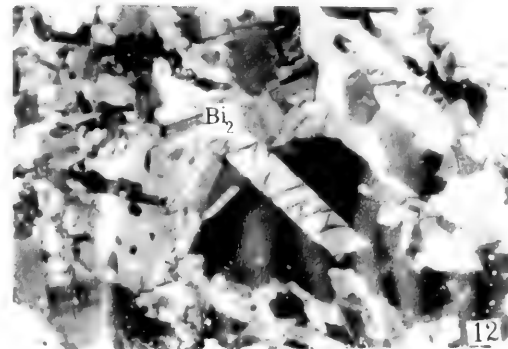


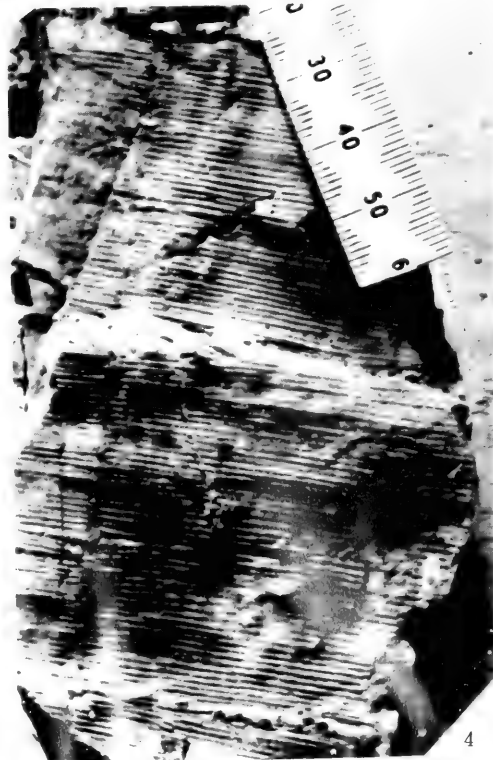
10. 重结晶的黑云母等充填 X 裂隙。
斑状黑云母花岗岩 (81—509) $\times 64$ (-)



11. 重结晶的造岩矿物斜长石 (Pl_2) 黑云母
(Bi_2)、钾长石 (Or_2) 和石英 (Q_2)。
斑状黑云母花岗岩 (81—770) $\times 126$ (+)

12. 集体堆积的重结晶黑云母 (Bi_2),
内部出现 X 裂隙和呈现波状消光。
斑状黑云母花岗岩 (81—770) $\times 64$ (+)

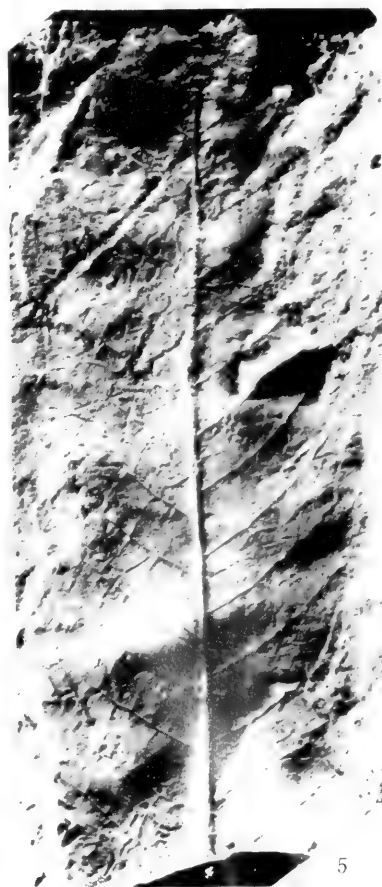
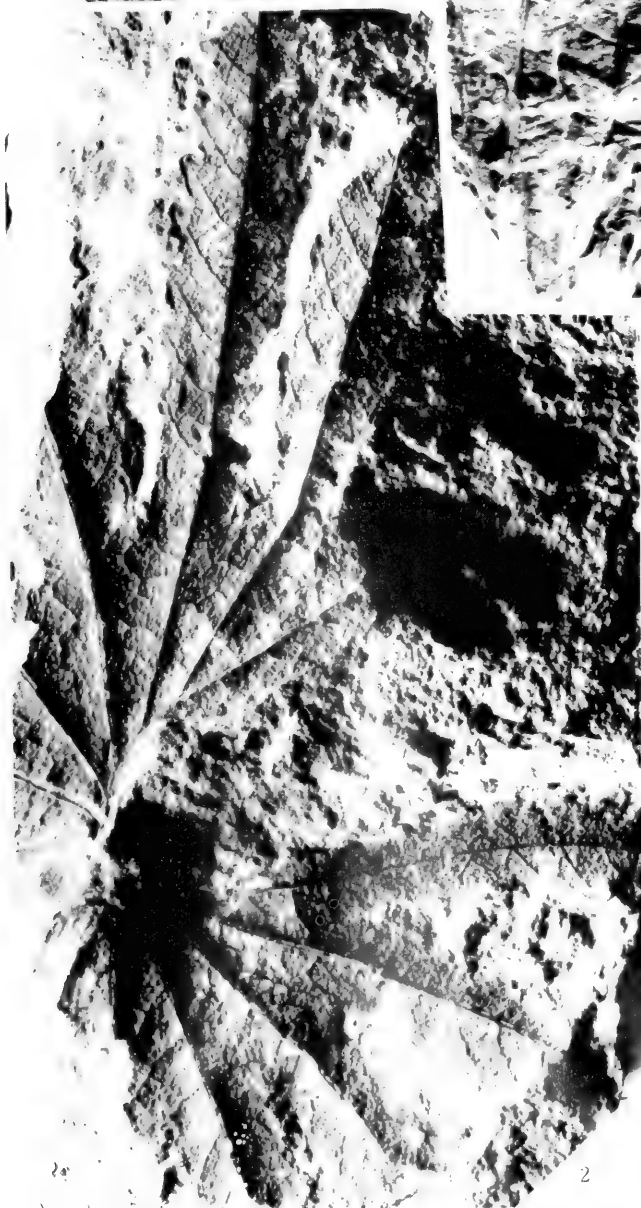
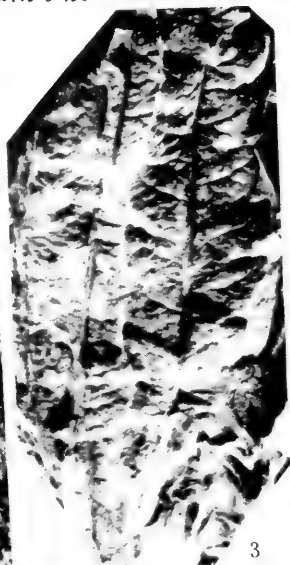
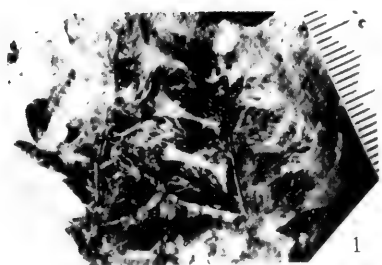


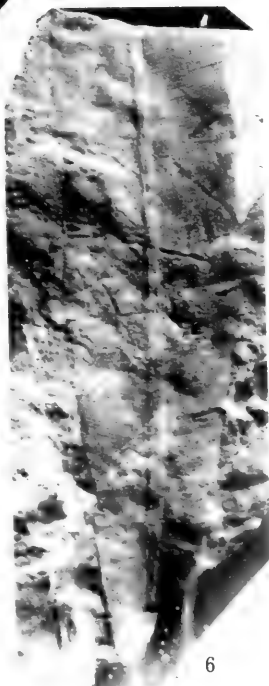
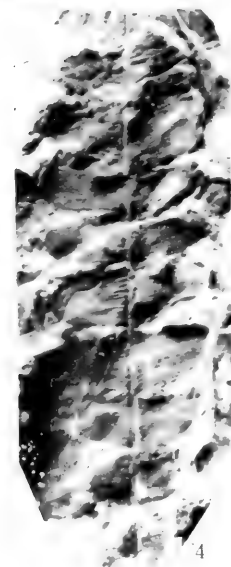
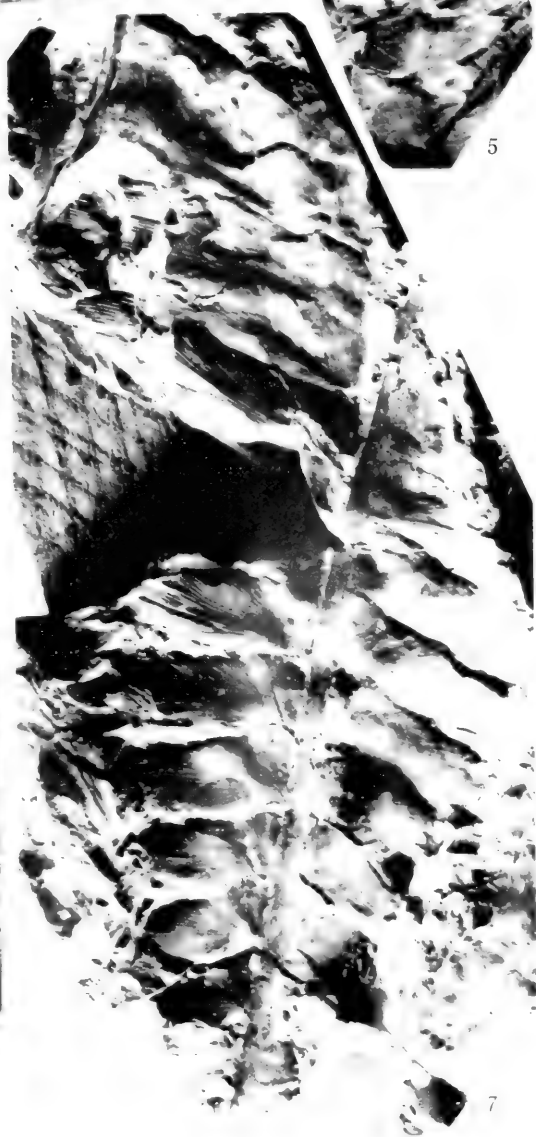
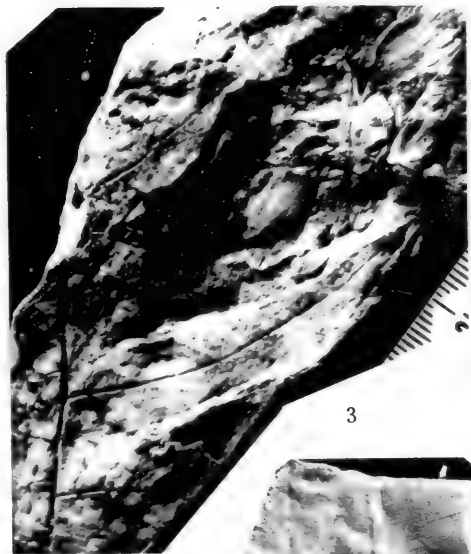
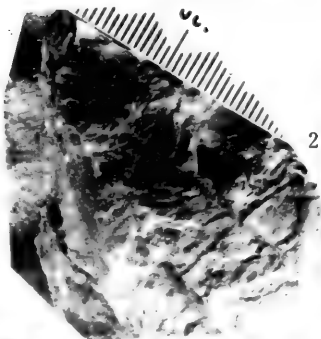
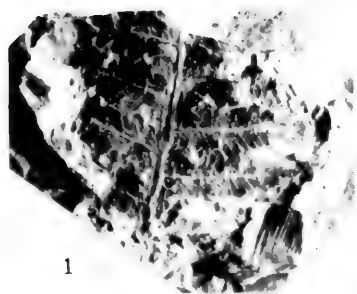


照片版 7

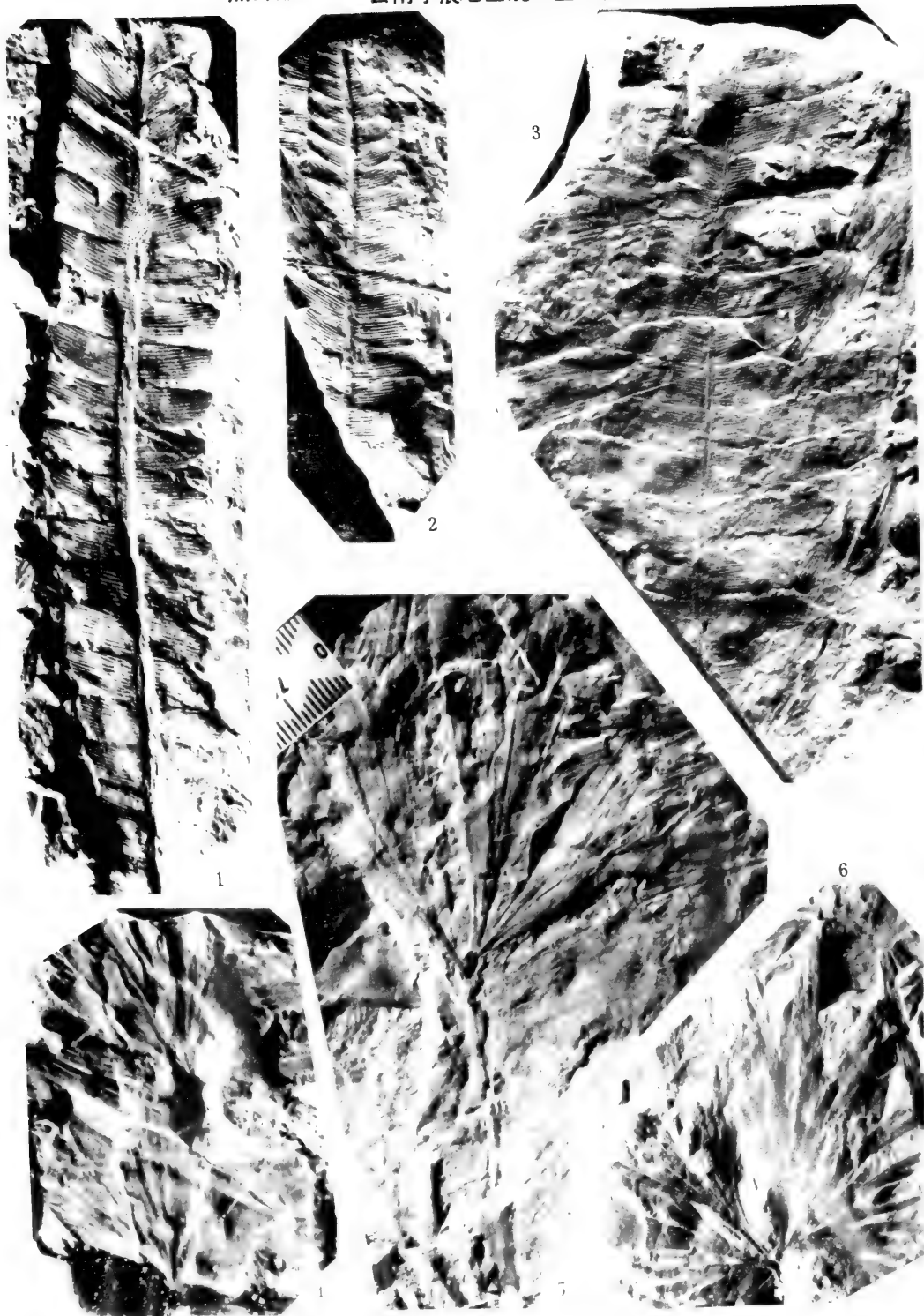
云南宁蒗地区晚三叠世植物群

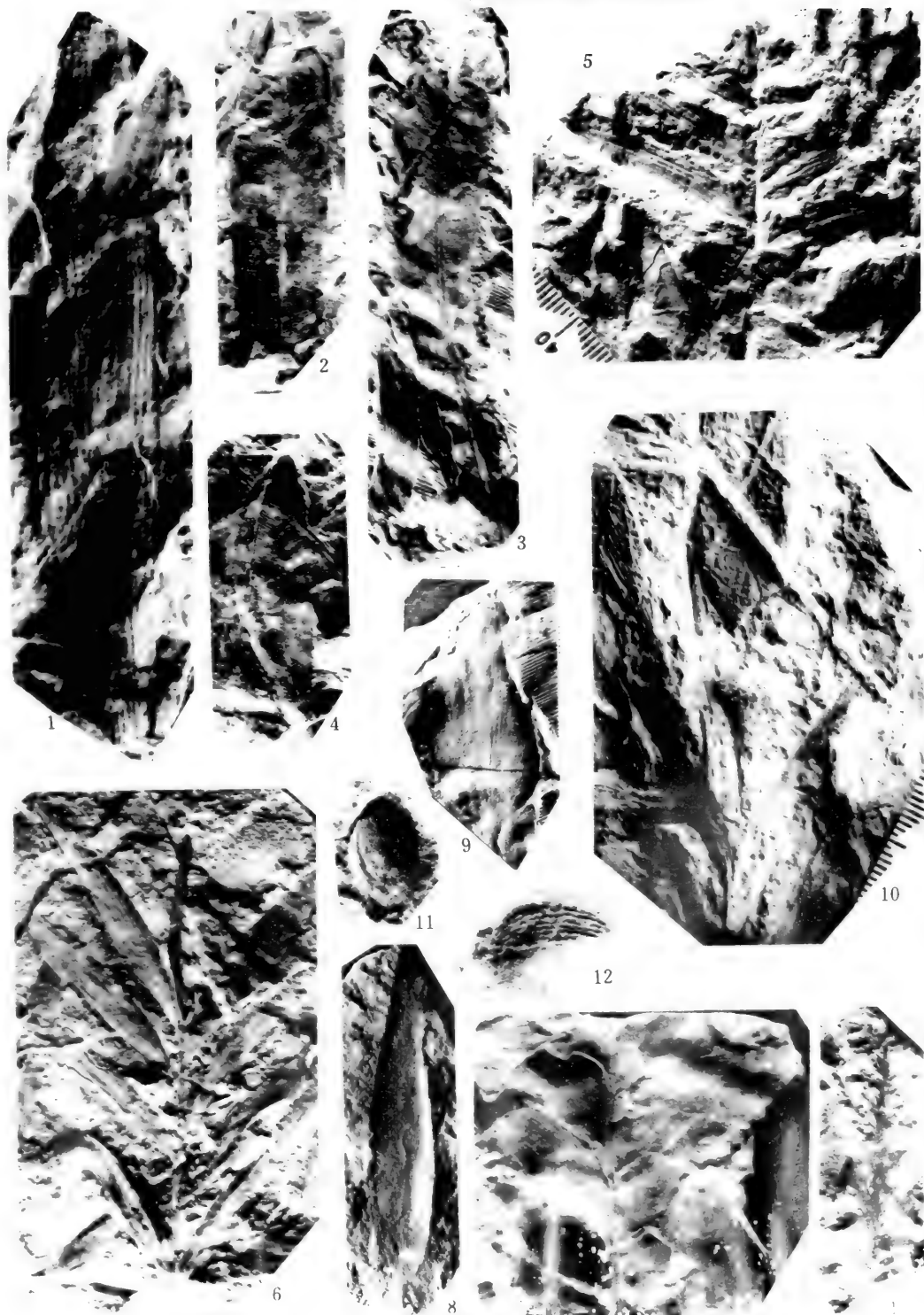


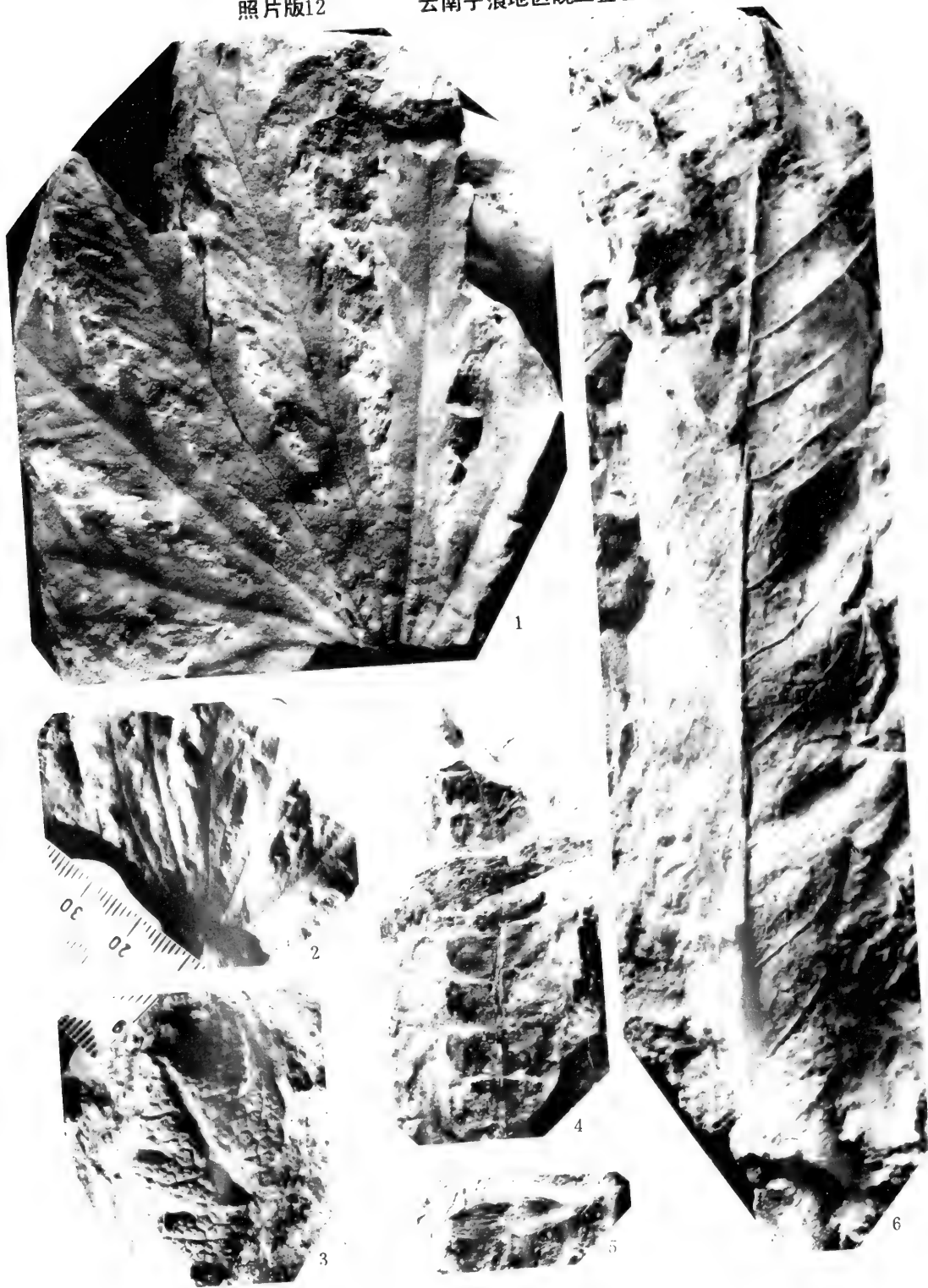




照片版10 云南宁蒗地区晚三叠世植物群



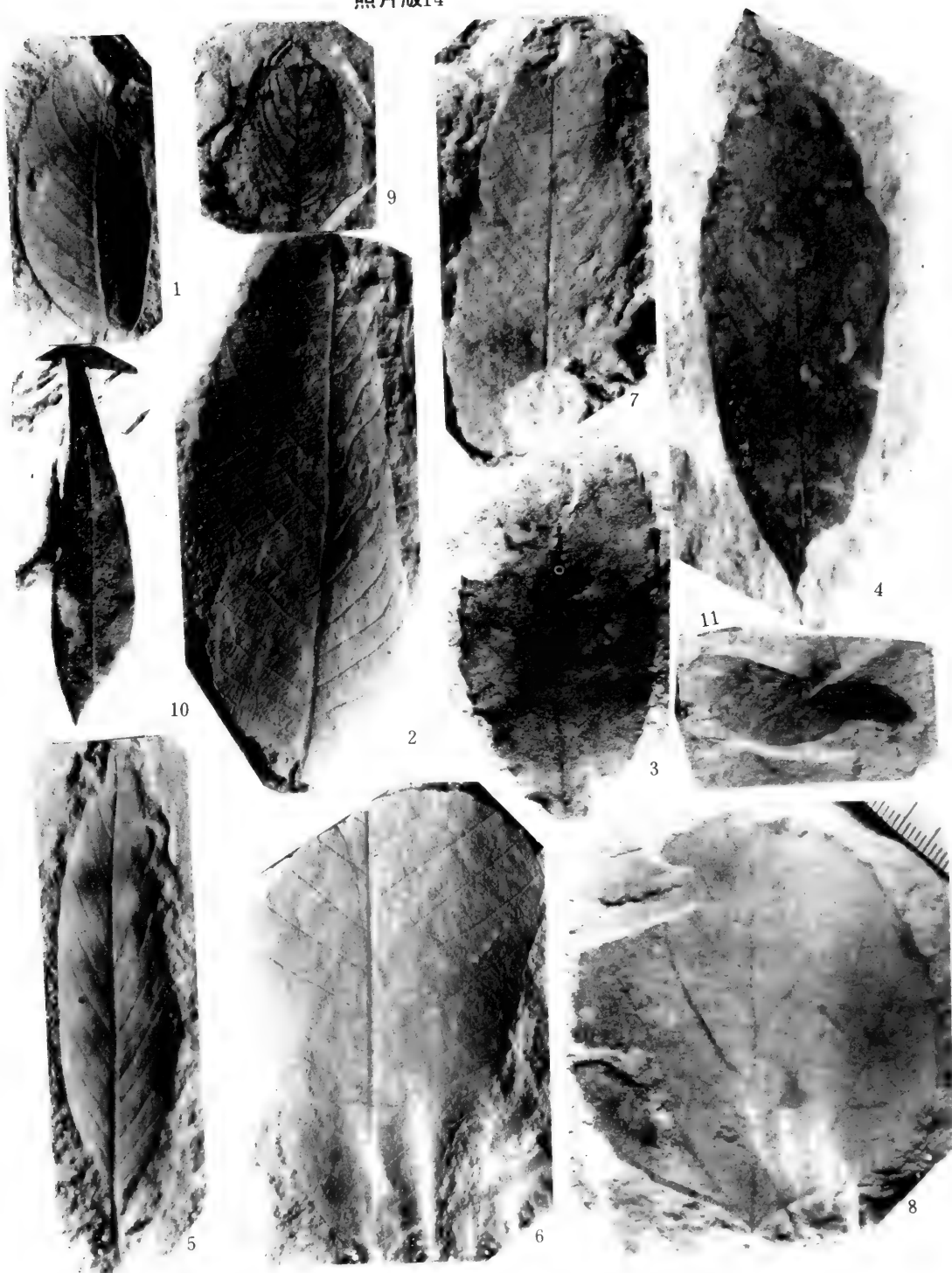




照片版13



照片版14



照片版15



1



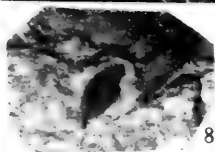
7



6



5



8



2

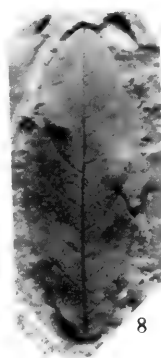
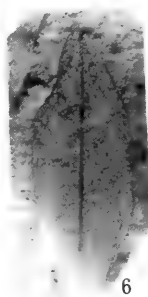
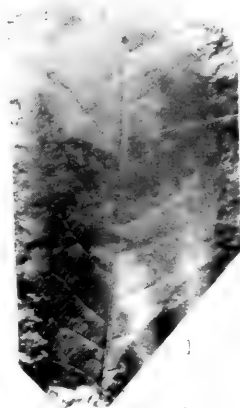
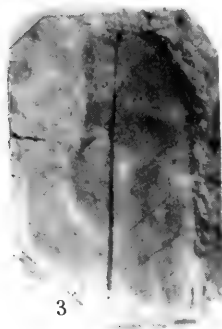
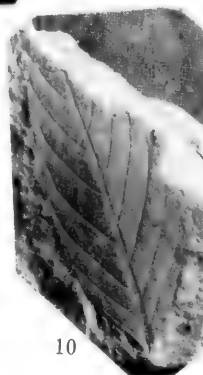
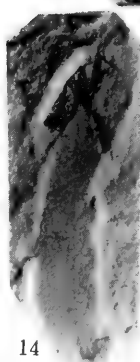
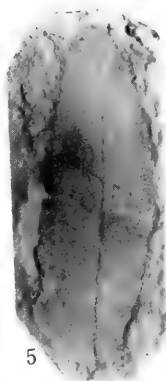
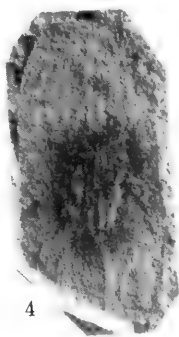
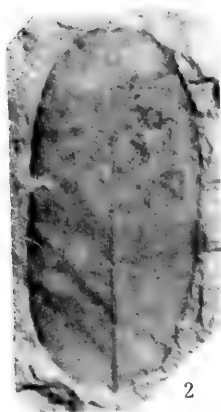
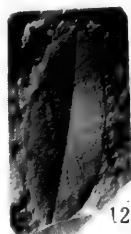
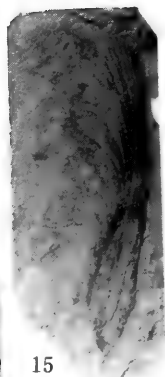
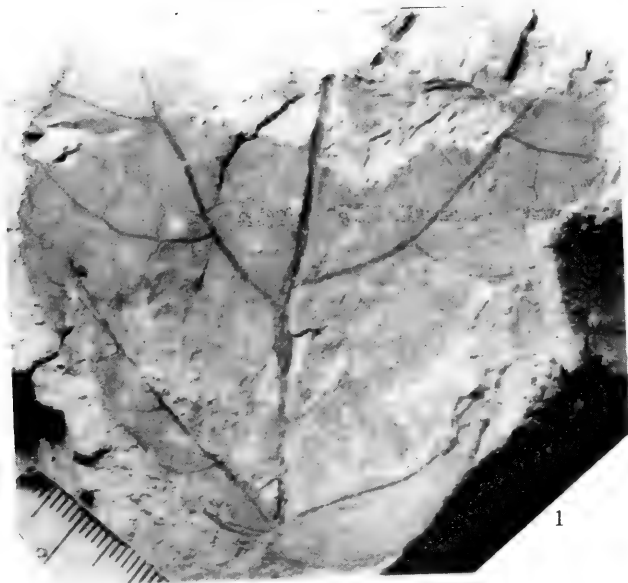


4

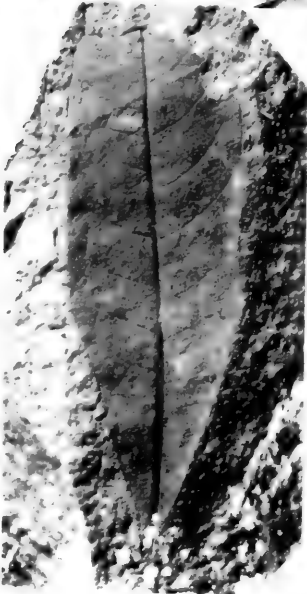
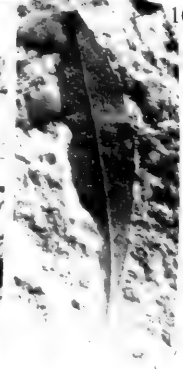
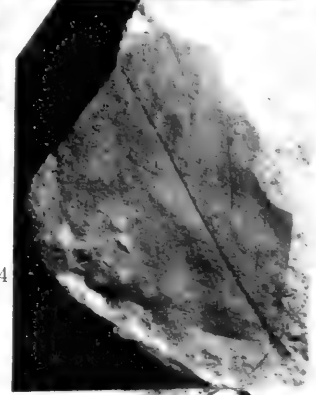
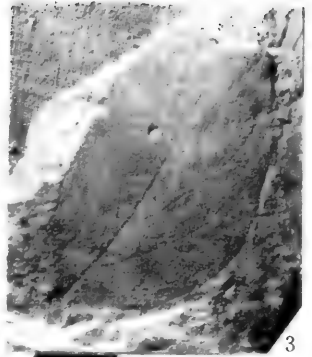


3

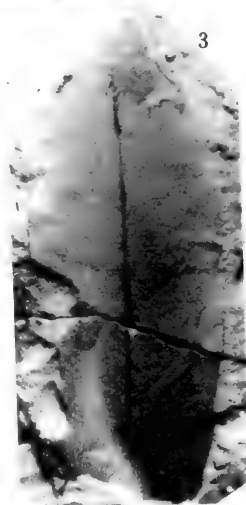
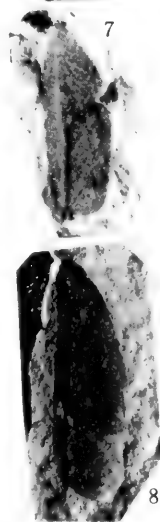
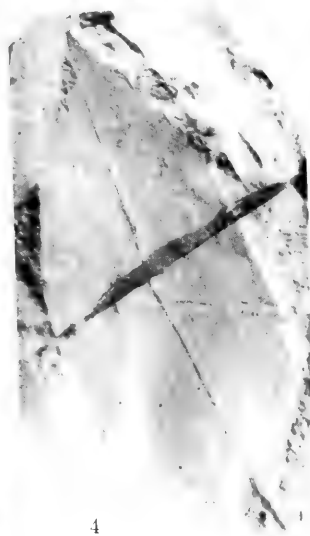
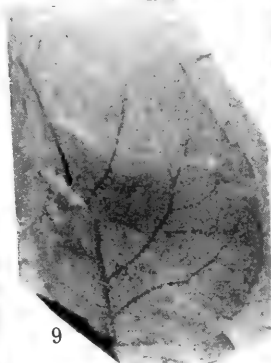
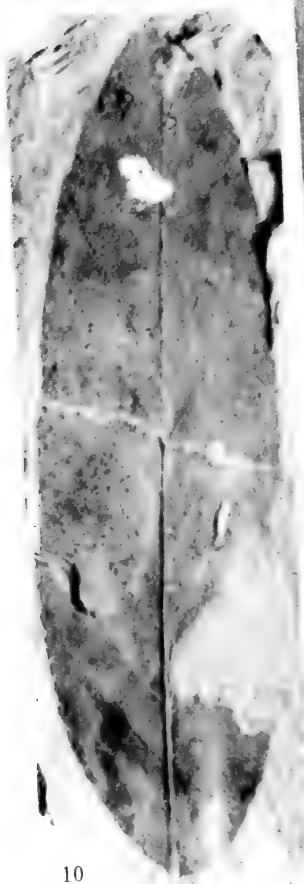
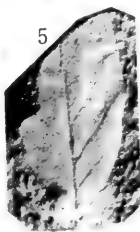
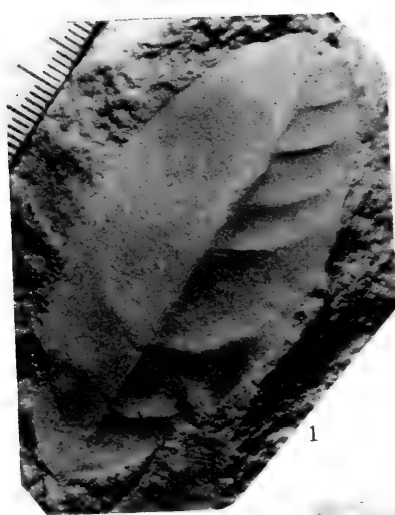
照片版16



照片版17



照片版18



10

4

8

3

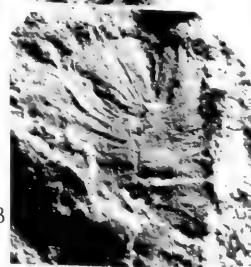
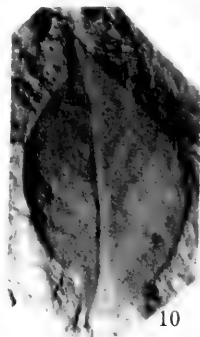
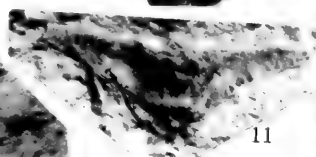
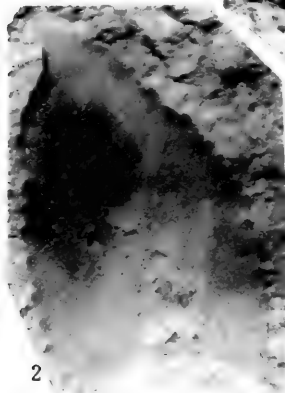
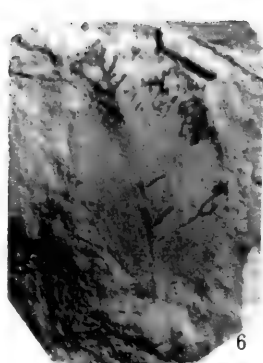
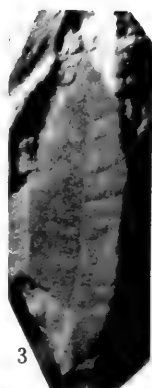
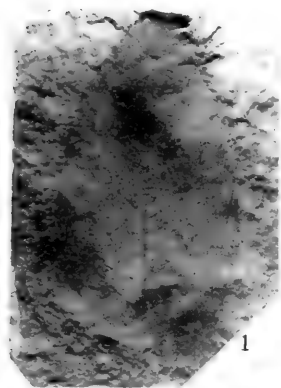
7

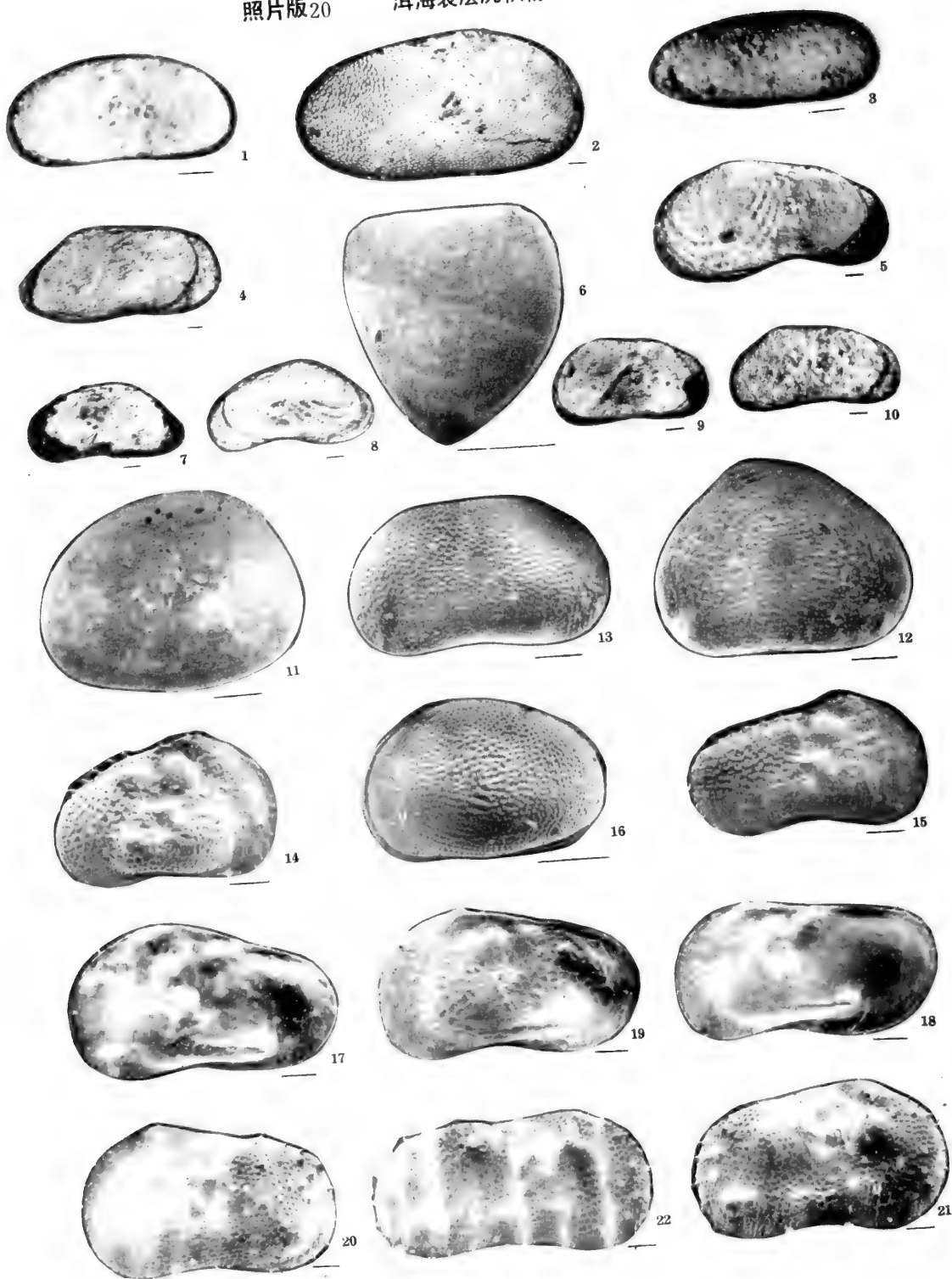
2

9

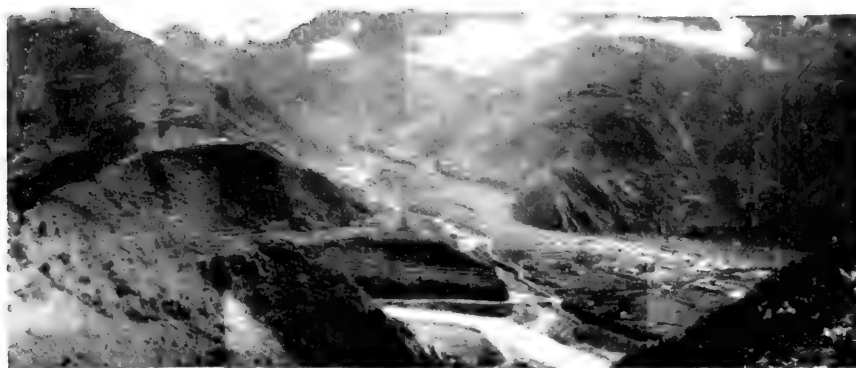
1

照片版19

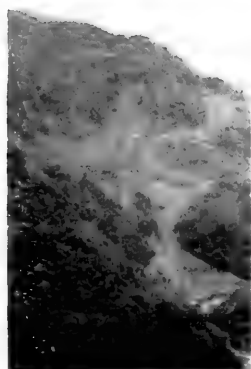




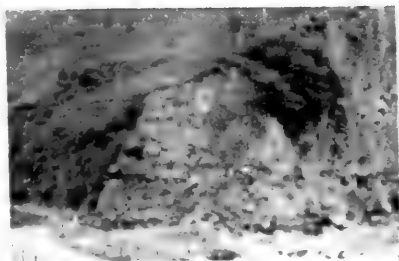
照片版21



1. 中部为耿达转经楼沟，房屋地带为1964年转经楼沟泥石流扇，
下伏为 T_2 级阶地。照片左方三级平台为耿达 T_3 、 T_4 、 T_5 级阶地



2. 耿达崔家磨子沟漏斗状老滑坡，前端系
滑坡体滑动后新形成的
扇形堆积体



4. 耿达转经楼沟两岸支沟口形成的厚
5—20米的泥石流型洪积台地



3. 1981年皮条河上游泥石流型洪水形成的石碑石



5. 耿达 T_2 级阶地

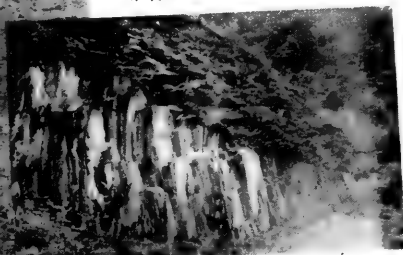


6. 头道桥一带的崩塌与倒石堆

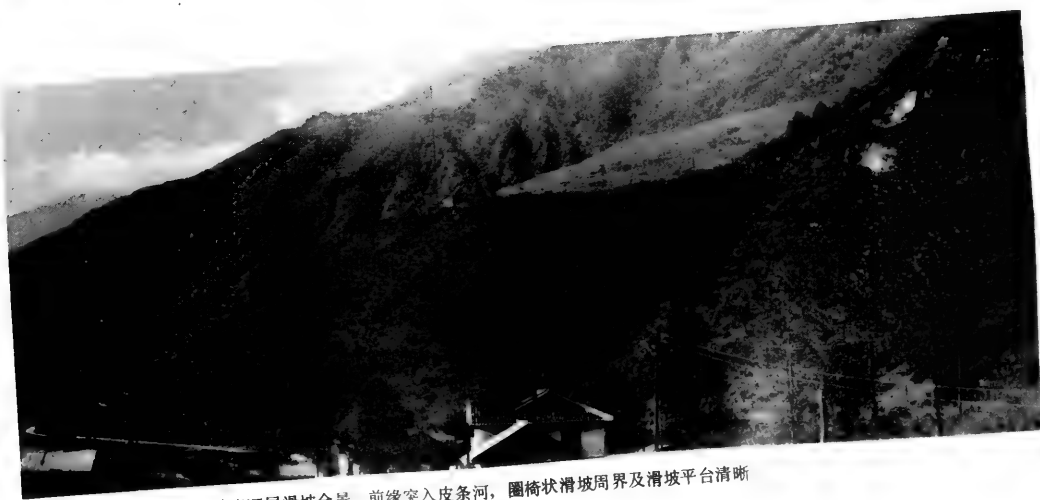
照片版22



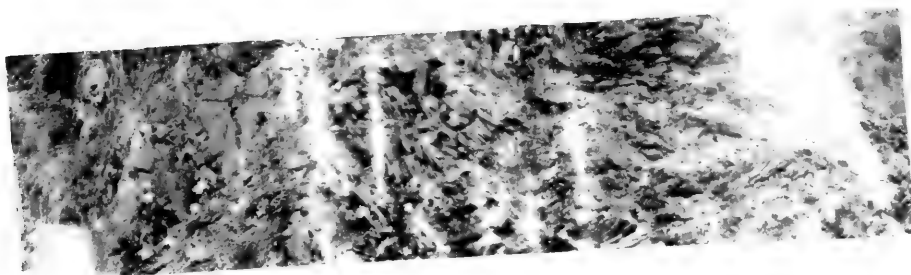
7. 卧龙高山地带寒冻风化造成的崩塌与倒石堆经重力移动后形成石海



8. 梅子坪一带基岩顺层滑坡引起的重力褶曲现象，下方直立者为正常岩层产状



9. 卧龙大型基岩顺层滑坡全景，前缘突入皮条河，圈椅状滑坡周界及滑坡平台清晰



10. 典型基岩顺层滑坡体，滑动后的岩层虽破碎，但仍具清晰层理，右侧为正常近直立的基岩

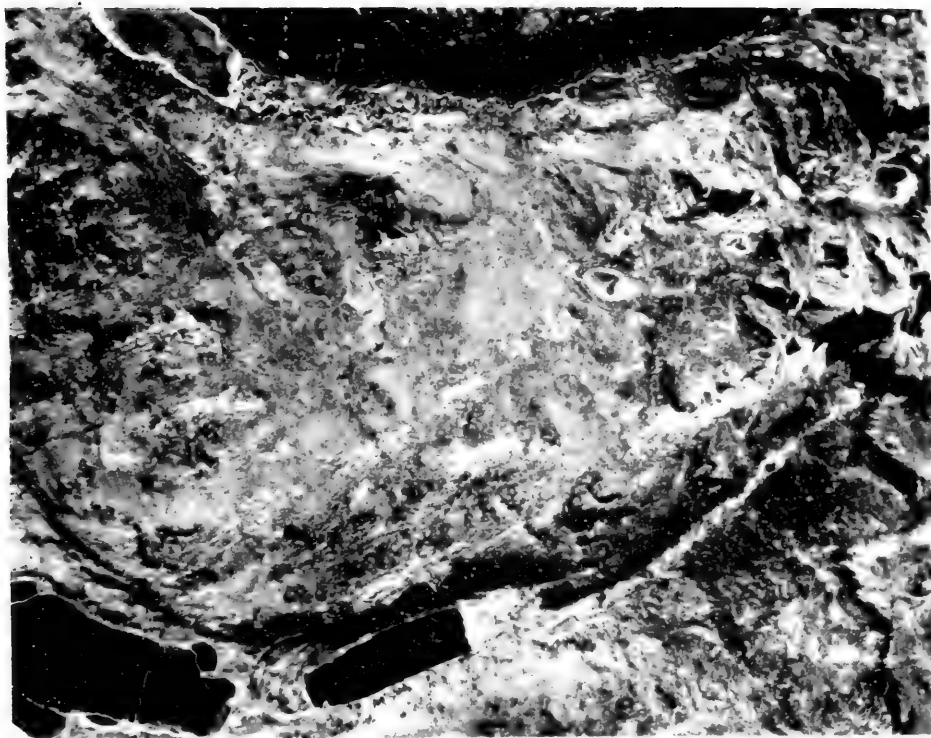
照片版23



1. 稻城夷平面上的单个冰蚀湖

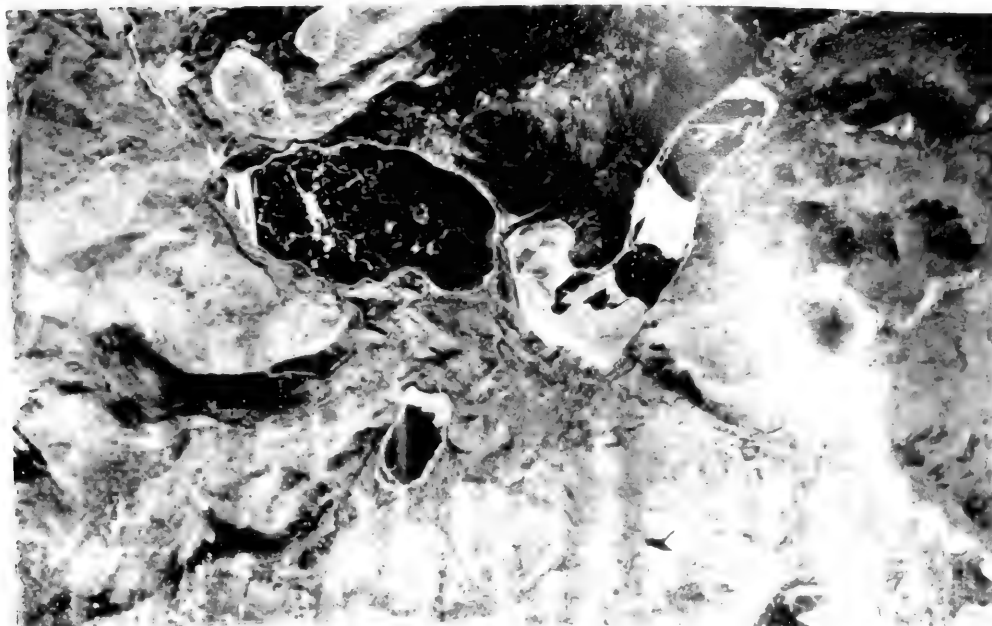


2. 串珠状冰蚀湖



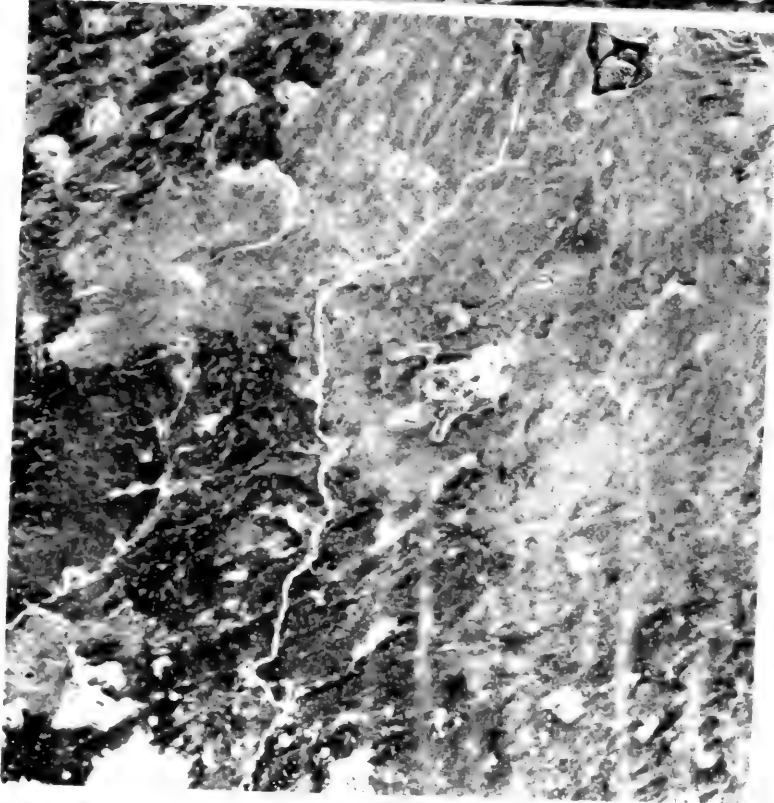
3. 串珠状冰蚀湖 (航片)

4. 向心型冰蚀湖 (航片)

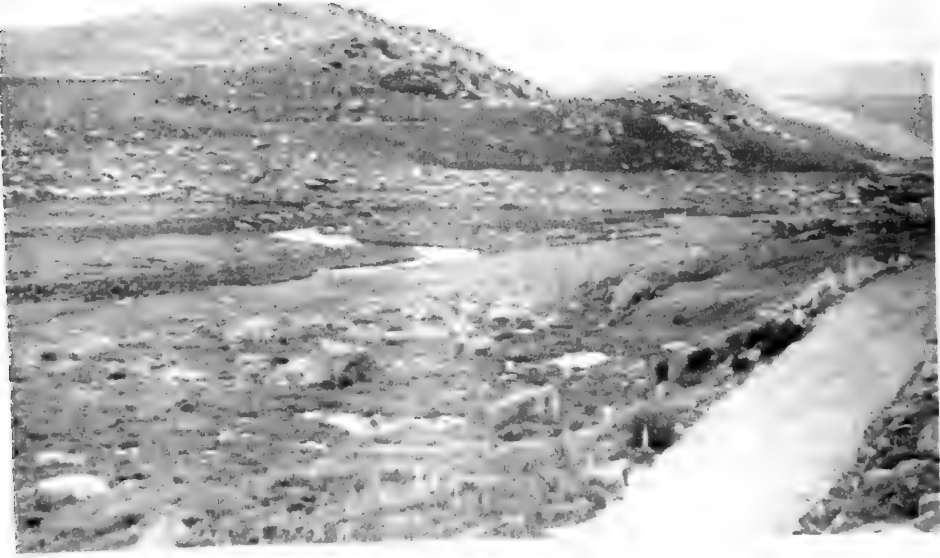




5.雁行式湖盆群（航片）



6.雁行式湖盆群（航片）



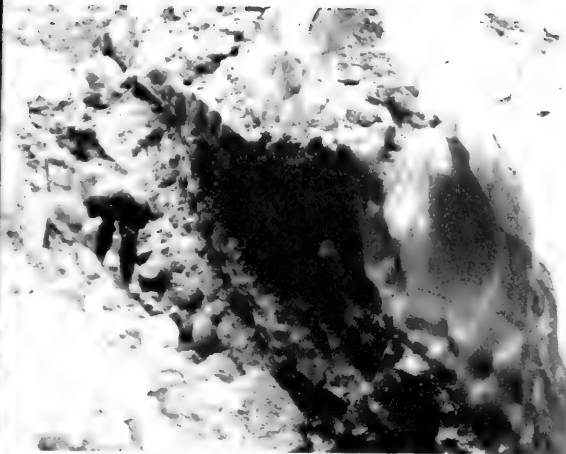
7—8. 稻城夷平面上的羊背岩



照片版27



1. 海螺沟冰川末端



2. 海螺沟冰川（3600米）边沿出露的底冰川层

3. 上覆冰川冰与底
冰层的不整合面



4. 底冰层的覆冰

照片版28



5. 冰瀑布下的冰川弧拱

6. 冰瀑布下的背条痕石



8. 动力变质冰的冰晶内部气泡



7. 海螺沟冰川动力变质冰的冰晶

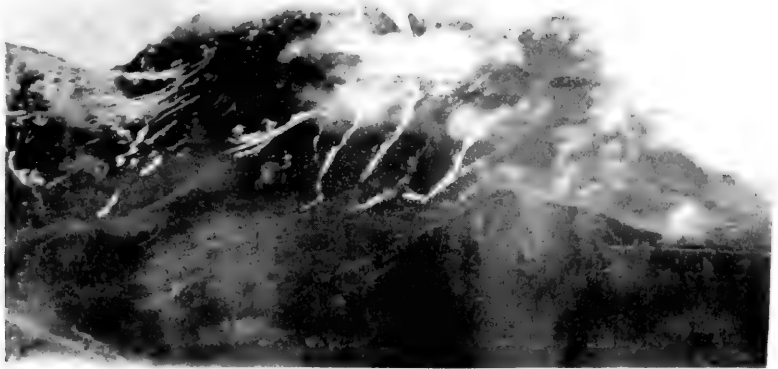


照片版29

1·九海子冰蚀湖



2·海螺沟雪蚀洼地



3·雅家埂石环群



4·雀儿山石河



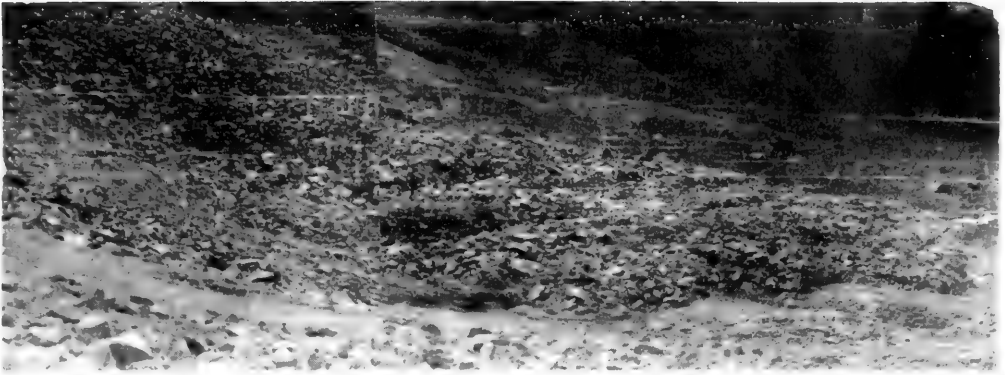
5·雀儿山石条



6·雀儿山石海



照片版31



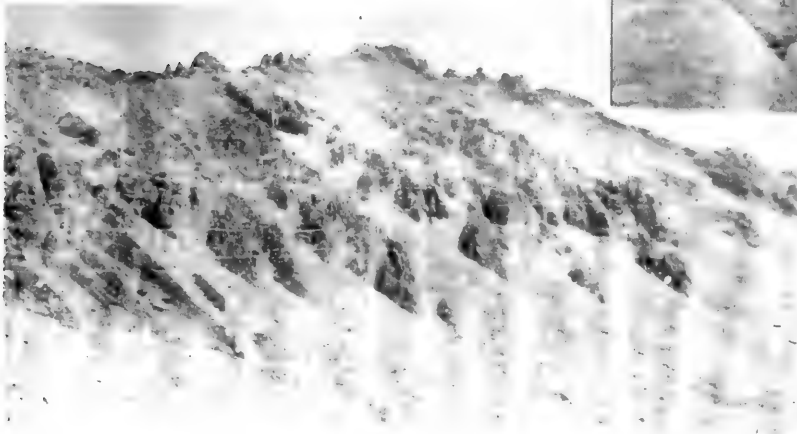
7. 九海子石冰川



8 · 九海子岩屑坡



9. 九海子岩屑锥



10. 九海子石环



2. 北方山溪鲟产地环境



1. 北方山溪鲟

3. 无斑山溪鲟产地环境





牦牛♂



黄牛♀



犏牛♂

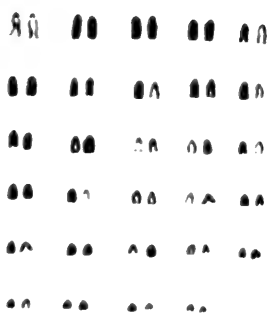


犏牛♀

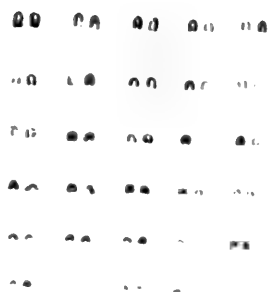
1. 牦牛与黄牛的杂交



黄牛♂



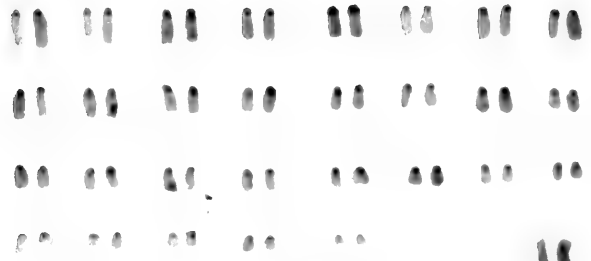
牦牛♂



犏牛♂

2. 杂色体型型比较

照片版34



(10)

3. 性染色体比较

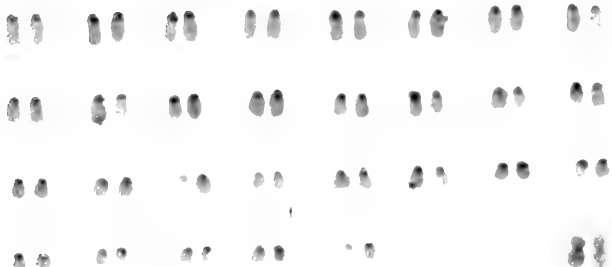
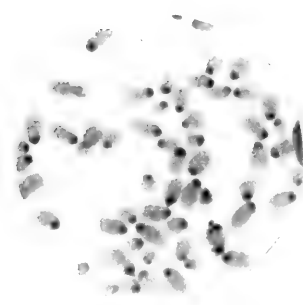
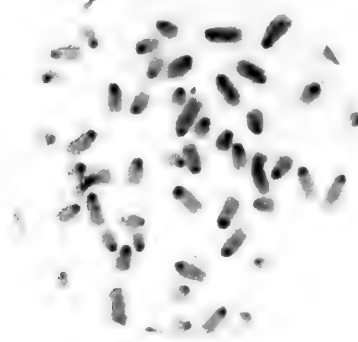


黄牛

牦牛

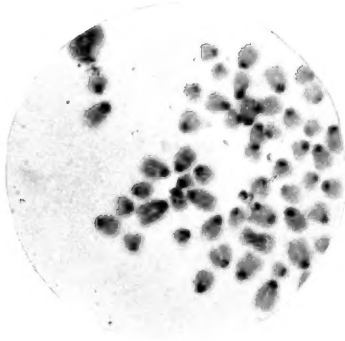
犏牛

4 黄牛C带带型



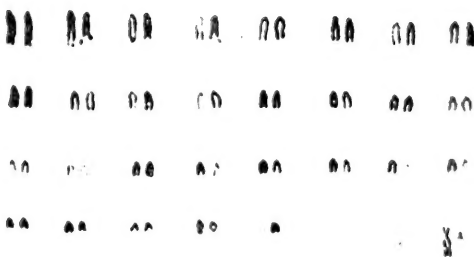
5. 牦牛C带带型

(10)



6. 犏牛C带带型

(1)



7. *ecyA*⁺-*NORs* 定位于第2, 3, 4, 5号染色体的端部

与*Ag-NORs* 的对照

中科院植物所图书馆



S0015472

收到期	1988.12.9
来源	资料库
书价	2.60元
单据号	
开票日期	

24703

58.18

144

藏書原研文機斷山孝黎輝

(-)

借者单位	借者姓名	借出日期	还书日期
9 倪建	095.10.16		

58.18

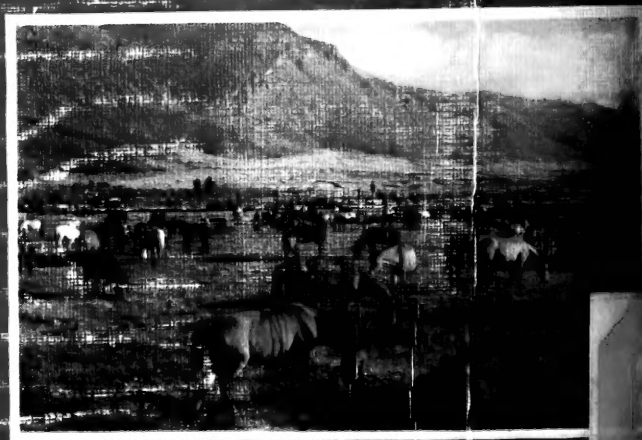
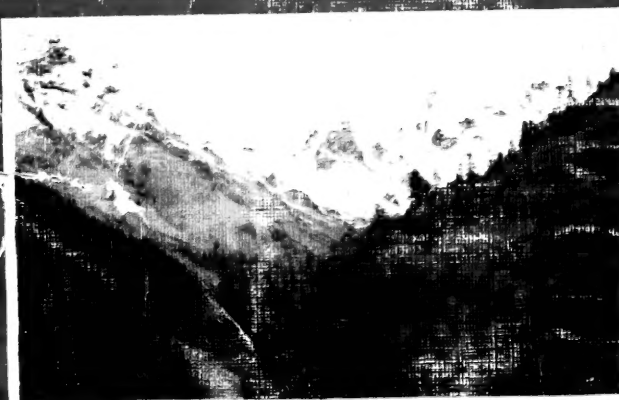
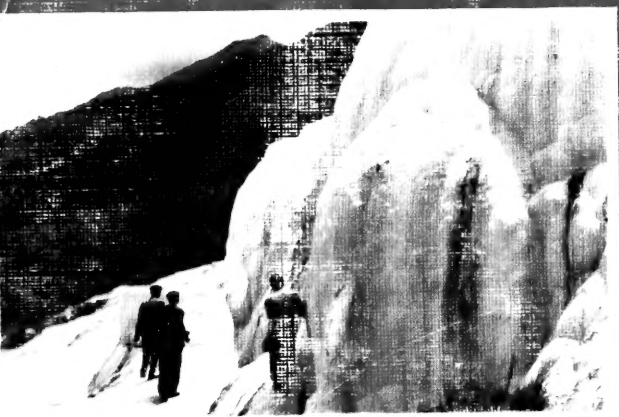
144

24703

注 意

- 1 借书到期请即送还。
- 2 请勿在书上批改圈点，折角。
- 3 借去图书如有污损遗失等情形须照章赔偿。

京卡0701



1. 白水台
2. 林线树木
3. 高山森林
4. 深山峡谷
5. 高原牧场

1	4
2	
3	5